

UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS NA COMPARAÇÃO
DE SISTEMAS DE AMOSTRAGEM E ESTUDO DAS REDES
DE DRENAGEM DE TRÊS SOLOS DA REGIÃO
DE TAMBAÚ - S P

CELIO MANECHINI

Orientador: Prof. Dr. GERALDO VICTORINO DE FRANÇA

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre em Solos e Nutrição de
Plantas.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro, 1981

*Aos meus pais,
meus primeiros e mais constantes
mestres, pelas lições e exemplos.*

*Aos meus irmãos,
companheiros em todas as circuns-
tâncias, pelo incentivo e apoio,*

OFEREÇO.

*Ao Prof. Dr. GERALDO VICTORINO DE FRANÇA,
do Departamento de Solos, Geologia e Fer-
tilizantes da Escola Superior de Agricul-
tura "Luiz de Queiroz", o reconhecimento
por sua dedicação e amizade.*

AGRADECIMENTOS

- Ao Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, por permitir a realização deste trabalho.
- Ao Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, a seus Coordenadores, Docentes e Funcionários. *In memoriam*, ao Prof. Dr. Gilberto Diniz de Oliveira, por seu legado.
- Aos Professores e Funcionários do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", por sua solicitude e amizade.
- Ao Prof. Dr. Humberto de Campos e à Engenheira-Agrônoma, Mestre em Experimentação e Estatística, Clarice Garcia Borges Demétrio, do Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelas sugestões e valiosa colaboração na análise estatística do presente trabalho.
- À Seção de Fotointerpretação do Instituto Agronômico de Campinas, pelo empréstimo das fotografias aéreas utilizadas nesta pesquisa.
- Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela provisão dos recursos financeiros indispensáveis para a elaboração do presente trabalho.
- A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo.
- E, sobretudo, à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", motivo de justo orgulho, meu profundo reconhecimento e respeito.

I N D I C E

	Pág.
RESUMO	xv
SUMMARY	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - A Fotointerpretação Aplicada ao Levantamento de Solos	3
2.2 - Características de Redes de Drenagem Relacionadas a Solos	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 - Material	18
3.1.1 - Localização geográfica e descrição da área de estudo	18
3.1.2 - Geologia e geomorfologia	19
3.1.3 - Topografia	22
3.1.4 - Clima	24
3.1.5 - Vegetação primitiva e uso atual da terra ...	25
3.1.6 - Solos ocorrentes na área amostrada	26
3.1.6.1 - Bacias hidrográficas	41
3.1.6.2 - Amostras circulares	58
3.1.7 - Material fotográfico	73
3.1.8 - Material técnico	73
3.2 - Métodos	74
3.2.1 - Seleção da área de estudo	74

	Pág.
3.2.2 - Montagem do mapa de drenagem	75
3.2.3 - Seleção das amostras	77
3.2.3.1 - Bacias hidrográficas	77
3.2.3.2 - Amostras circulares	78
3.2.4 - Análise dos padrões de drenagem	79
3.2.5 - Análise estatística	83
3.2.5.1 - Teste de Kruskal-Wallis	83
3.2.5.2 - Comparações múltiplas	85
3.2.5.3 - Teste de correlação de Kendall ..	86
3.2.5.4 - Médias, variâncias e estimativas por intervalo	88
3.2.5.5 - Comparação entre sistemas de amos- tragem	89
4. RESULTADOS	90
4.1 - Características das Bacias Hidrográficas	91
4.1.1 - Características não dimensionais	91
4.1.2 - Características dimensionais	91
4.1.3 - Seleção das bacias hidrográficas para análi- se do padrão de drenagem	91
4.2 - Características das Amostras Circulares	91
4.3 - Composição das Redes de Drenagem	91
4.4 - Análise do Padrão de Drenagem	92

	Pág.
4.4.1 - Características descritivas das redes de drenagem	92
4.4.2 - Características quantitativas das redes de drenagem	92
4.4.2.1 - Bacias hidrográficas	92
4.4.2.2 - Amostras circulares	92
4.4.3 - Análise estatística	93
4.4.3.1 - Teste de Kruskal-Wallis	93
4.4.3.2 - Teste de correlação de Kendall ..	93
4.4.3.3 - Comparação entre sistemas de amostragem	93
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	108
5.1 - Características das Bacias Hidrográficas Analisadas	109
5.1.1 - Características não dimensionais	110
5.1.2 - Características dimensionais	110
5.1.3 - Análise dimensional	111
5.2 - Características das Amostras Circulares	112
5.3 - Composição das Redes de Drenagem	113
5.4 - Análise do Padrão de Drenagem	113
5.4.1 - Características descritivas das redes de drenagem	114
5.4.2 - Características quantitativas das redes de drenagem	115

	Pág.
5.4.2.1 - Bacias hidrográficas	115
5.4.2.2 - Amostras circulares	117
5.4.3 - Análise estatística	118
5.4.3.1 - Teste de Kruskal-Wallis	118
5.4.3.2 - Teste de correlação de Kendall ..	120
5.4.3.3 - Comparação entre sistemas de amostragem	123
6. CONCLUSÕES	125
7. BIBLIOGRAFIA CITADA	128

LISTA DE TABELAS

TABELA		Pág.
1	Cronogeologia da área de estudo	19
2	Principais características morfológicas e funcionais das unidades de solo em estudo	30
3	Características morfológicas principais associadas à drenagem interna, determinadas em perfis representativos do Latossol Vermelho Escuro orto	32
4	Características morfológicas principais associadas à drenagem interna, determinadas em perfis representativos do Latossol Roxo equivalente eutrófico	35
5	Características morfológicas principais associadas à drenagem interna, determinadas em perfis representativos do Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação <u>La</u> ras	38
6	Características não dimensionais das bacias hidrográficas estudadas, com as respectivas unidades de solo que representam.	94
7	Características dimensionais das bacias hidrográficas estudadas	95
8	Análise dimensional e teste de semelhança geométrica aplicados às bacias hidrográficas selecionadas..	96

TABELA

Pág.

9	Características dimensionais das amostras circulares. Área padronizada a 10 km^2 para as três unidades de solo. Perímetro = 11,18 km	98
10	Composição das redes de drenagem das bacias hidrográficas estudadas.	99
11	Características descritivas do padrão de drenagem das unidades de solo estudadas	100
12	Características quantitativas do padrão de drenagem nas bacias hidrográficas estudadas	101
13	Características quantitativas do padrão de drenagem em amostras circulares	102
14	Resultados do teste de Kruskal-Wallis e das comparações múltiplas aplicados às bacias hidrográficas das unidades de solo em estudo	103
15	Resultados do teste de Kruskal-Wallis e das comparações múltiplas aplicados às amostras circulares representativas das unidades de solo em estudo	104
16	Resultados do teste de Kendall aplicado às bacias hidrográficas, correlacionando os índices: 1) Densidade de Drenagem; 2) Frequência de Rios; 3) Razão de Textura; e 4) Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial	105

TABELA

Pág.

17	Resultados do teste de Kendall aplicado às amostras circulares, correlacionando os índices: 1) Densidade de Drenagem; 2) Frequência de Rios; 3) Razão de Textura; e 4) Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial	106
18	Estimativa da amplitude das médias, comparando bacias hidrográficas e amostras circulares	107

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Localização geográfica da área de estudo	20
2	Divisão regional fisiográfica do Estado de São Paulo	21
3	Mapa geológico esquemático do Estado de São Paulo (ROTTA, 1972)	23
4	Localização do Latossol Vermelho Escuro no Estado de São Paulo (COMISSÃO DE SOLOS DO SERV. NAC. DE PESQ. AGRON., 1960)	27
5	Localização do Latossol Roxo no Estado de São Paulo (COMISSÃO DE SOLOS DO SERV. NAC. DE PESQ. AGRON., 1960)	28
6	Localização do Solo Podzólico Vermelho-Amarelo no Es- tado de São Paulo (COMISSÃO DE SOLOS DO SERV. NAC. DE PESQ. AGRON., 1960)	29
7	Bacia hidrográfica LE-1	42
8	Bacia hidrográfica LE-2	43
9	Bacia hidrográfica LE-3	44
10	Bacia hidrográfica LE-4	45
11	Bacia hidrográfica LE-5	46

FIGURA		Pág.
12	Bacia hidrográfrica LR-1	47
13	Bacia hidrográfrica LR-2	48
14	Bacia hidrográfrica LR-3	49
15	Bacia hidrográfrica LR-4	50
16	Bacia hidrográfrica LR-5	52
17	Bacia hidrográfrica Ls-1	53
18	Bacia hidrográfrica Ls-2	54
19	Bacia hidrográfrica Ls-3	55
20	Bacia hidrográfrica Ls-4	56
21	Bacia hidrográfrica Ls-5	57
22	Amostra circular CE-1	59
23	Amostra circular CE-2	60
24	Amostra circular CE-3	61
25	Amostra circular CE-4	62
26	Amostra circular CE-5	63

FIGURA		Pág.
27	Amostra circular CE-6	64
28	Amostra circular CR-1	65
29	Amostra circular CR-2	66
30	Amostra circular CR-3	67
31	Amostra circular CR-4	68
32	Amostra circular Cls-1	69
33	Amostra circular Cls-2	70
34	Amostra circular Cls-3	71
35	Amostra circular Cls-4	72

UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS NA COMPARAÇÃO DE
SISTEMAS DE AMOSTRAGEM E ESTUDO DAS REDES DE
DRENAGEM DE TRÊS SOLOS DA REGIÃO DE TAMBAÚ-SP

Autor: Celio Manechini
Orientador: Prof. Dr. Geraldo Victorino de França

R E S U M O

Este trabalho teve por objetivo estudar, com base na interpretação de fotografias aéreas verticais na escala 1:25.000, o padrão de drenagem em três unidades de mapeamento, visando a distinção entre as mesmas, através da análise de atributos de suas redes de drenagem que possibilitassem a detecção de diferenças nos respectivos comportamentos hidrológicos, em função das diferenças nas características morfológicas dos solos.

A área estudada localiza-se, em sua maior parte, no município de Tambaú, Estado de São Paulo, situando-se na Depressão Periférica, sub-região dos Campos Cerrados. O regime climático dominante é do tipo Cwa, denominado "mesotérmico de inverno seco".

As unidades de mapeamento pesquisadas são: Latossol Vermelho Escuro orto, originado de sedimentos do grupo Passa-Dois,

formação Corumbataí; Latossol Roxo equivalente eutrófico, resultante da intemperização de rochas ígneas básicas (intrusivas); e Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, derivado de sedimentos arenosos do grupo São Bento, formações Botucatu e Pirambóia. Essas unidades foram representadas por quinze bacias hidrográficas de 3.^a ordem de ramificação, em número de cinco bacias para cada tipo de solo e um total de quatorze amostras circulares com área de 10 km² cada, sendo seis amostras para a primeira, quatro para a segunda e quatro para a terceira unidade de mapeamento.

O estudo das redes de drenagem, conduzido pelo "método de análise dos elementos" e complementado com observações de campo, permitiu as seguintes conclusões principais:

- a análise dos atributos do padrão de drenagem foi eficiente para a separação de solos morfogeneticamente diferentes, porém não o foi para solos semelhantes sob esse aspecto;

- a interpretação das imagens fotográficas possibilitou a distinção dos padrões de drenagem desenvolvidos em áreas de ocorrência de Latossóis e de Solos Podzólicos;

- todas as características quantitativas do padrão de drenagem mostraram diferenças entre as unidades de solo com horizonte B latossólico e com horizonte B textural. Entre elas, as mais eficientes foram a frequência de rios, em bacias hidrográficas, e a razão de textura, em amostras circulares;

- o sistema de amostragem circular apresentou vantagens em relação ao de bacias hidrográficas.

USE OF AERIAL PHOTOGRAPHS FOR COMPARING SAMPLING
METHODS AND THE STUDY OF THE DRAINAGE NETWORK OF
THREE SOILS OCCURRING IN THE TAMBAU REGION, SP

Author: Celio Manechini
Adviser: Prof. Dr. Geraldo Victorino de França

S U M M A R Y

Aerial photographs (scale 1:25,000) were used in a study of the drainage pattern of three soil mapping units through the analysis of their respective drainage network with the purpose of evaluating differences in hydrological behavior as related to soil morphogenetic characteristics.

The area of study is located almost enterily in the Tambaú municipality, State of São Paulo in the "Depressão Periférica", "Campos Cerrados" sub-region. The prevailing regional climate is of the Cwa type, identified as "Dry winter mesothermic".

The soil mapping units studied were: Ortho Dark Red Latosol, derived from "Passa Dois" sediments, "Corumbatai" formation, "Roxo" Latosol - eutrophic equivalent, originated from the weathering of basic igneous rocks (intrusive), and Red-Yellow Podzolic - Laras variation, derived from "São Bento" sandy sediments, Botucatu and Pirambóia formations.

Those three soil units were represented by five third order watersheds each, and circular sample, covering an area of 10 km² taken from each as follows: six from the first soil unit, four from the second and three from the third.

The study of the drainage network was done by the "element analysis method" and supplemented with field observations. The interpretation of the results led to the following main conclusions:

- the analysis of drainage pattern attributes was efficient for the separation of soils morphogenetically different, but not for those similar in this respect;

- the interpretation of the photographic images allowed for the identification of drainage patterns developed in areas in which Latosols and Podzolic soils occur;

- all of the drainage pattern quantitative characteristics considered in this study indicated differences between the soil units with a latosolic B horizon and those with a textural B horizon. The more efficient in this respect were: watershed river frequency and circular sample texture ratio;

- the circular sampling system was more advantageous than the watershed system.

1. INTRODUÇÃO

A demanda crescente de alimentos e de matérias-primas vegetais destinadas à obtenção de fibras, energia e outras finalidades, exige o aumento da produção, através da ampliação das fronteiras agrícolas, já próximas do ponto de saturação, ou do aumento da produtividade nas terras atualmente sob cultivo.

Dentre as alternativas viáveis para o aumento da produtividade, talvez a mais importante seja a utilização racional das terras agrícolas, considerando-se o potencial e as limitações dos solos a fim de que seja obtida e, principalmente, mantida por tempo ilimitado, sua capacidade máxima de produção.

A racionalização do manejo do solo requer o conhecimento de suas características, o que é conseguido através do levantamento pedológico.

O emprego de fotografias aéreas em trabalhos de levantamento de solos tem demonstrado sua utilidade, seja pela redução de tempo, custo e esforço de trabalho, seja pela maior precisão no traçado de limites entre unidades, ou, ainda, pela quantidade de informações que fornecem.

Entre os elementos de interesse que podem ser observados na imagem fotográfica, visando a estudos pedológicos, a rede de drenagem é, provavelmente, o de mais fácil interpretação, além de um dos mais eficientes para a distinção entre unidades de solo.

Com base na hipótese de que solos semelhantes exibem padrões de drenagem semelhantes e que solos diferentes apresentam padrões de drenagem diferentes (FROST, 1960), projetou-se este trabalho, o qual tem por objetivo principal o estudo das redes de drenagem desenvolvidas em três unidades de solo, visando sua diferenciação através da correlação entre as características observadas na imagem fotográfica e seu comportamento hidrológico. Pretende-se, também, testar a eficiência do sistema de amostragem circular, comparado às bacias hidrográficas, nas condições específicas do presente estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - A Fotointerpretação Aplicada ao Levantamento de Solos

É indiscutível e largamente reconhecida a utilidade da fotointerpretação aplicada a estudos pedológicos, notadamente àqueles que visam o reconhecimento e mapeamento de solos ou o planejamento de uso das terras.

Pelas inúmeras vantagens que proporciona, quando comparado aos processos convencionais de trabalho e, face ao volume de estudos e pesquisas que são realizados com o objetivo de contribuir para seu aprimoramento, o método de interpretação aerofotográfica aplicada a solos pode ser considerado um sistema dinâmico, variável de acordo com a evolução das ciências correlatas e, por isso mesmo, superando-se em curtos períodos de tempo.

A fotointerpretação utiliza o princípio de "convergência de evidências", apresentado por COLWELL (1952), que estabeleceu existirem vários indícios sobre a identidade de um objeto desconhecido e, se a maioria deles aponta para uma mesma hipótese, esta será provavelmente a correta.

O fundamento do método fotointerpretativo assenta-se, segundo FROST (1960), sobre três princípios básicos: 1) solos semelhantes aparecem nas fotografias aéreas com padrões semelhantes; 2) solos diferentes aparecem com padrões diferentes; 3) correlações de características da imagem fotográfica com as propriedades do solo, observadas no campo e no laboratório, podem ser inferidas por meio de fotointerpretação.

Referindo-se à fotointerpretação aplicada a levantamentos de solo, GOOSEN (1968) descreve três métodos principais:

a) Método de análise dos padrões: proposto por FROST (1960), esse método considera como padrões indicativos das condições do terreno, a forma fisiográfica, a drenagem, os aspectos de erosão, a vegetação natural, a tonalidade fotográfica e o uso agrícola. Fixadas as condições ambientais, as grandes unidades da paisagem são subdivididas e estudados seus padrões locais, estabelecendo-se correlações com as condições do terreno.

b) Método de análise fisiográfica: requer amplo conhecimento dos processos geomorfológicos (intemperização, erosão, sedimentação, etc.), bem como sua influência na paisagem e, conseqüentemente,

na imagem fotográfica. Classifica o terreno em unidades fisiográficas. Sugerido por BURINGH (1960) e desenvolvido por GOOSEN (1968), este método exige bom conhecimento de geomorfologia. É tido por diversos autores como o método mais eficiente para a caracterização de solos, através de fotointerpretação.

c) Método de análise dos elementos: comparado com os demais métodos, tem a vantagem de poder ser utilizado por pedólogos com pouca experiência em fotointerpretação.

Utiliza-se do princípio de "convergência de evidências" (COLWELL, 1952) para a separação das unidades de solo, através da análise sistemática dos elementos da paisagem, relacionando as características da superfície às condições do solo. O método de análise dos elementos foi desenvolvido por BURINGH (1960).

Essa separação em três métodos individuais de fotointerpretação é meramente artificial, segundo GOOSEN (1968), podendo haver, em certos casos, a combinação de dois ou até dos três métodos.

Na maior parte dos trabalhos de fotointerpretação aplicada a solos, conforme SILVA (1977), foi utilizado o método de análise dos elementos para o estudo de índices de drenagem em bacias hidrográficas e amostras circulares.

A forma fisiográfica é considerada, por alguns autores, como o elemento mais importante na fotointerpretação aplicada a solos. Esse elemento, entretanto, é apenas um dos componentes do

padrão de solos e a interpretação de outros elementos, tais como as características de drenagem ou de erosão, podem fornecer informações igualmente importantes (FRANÇA, 1968).

LUEDER (1959) sugere que, depois da forma fisiográfica, a drenagem superficial é, provavelmente, o mais seguro indicador das condições do terreno. Faz-se necessário, entretanto, um bom nível de conhecimento em pedologia e experiência adequada em fotointerpretação. Segundo esse autor, o padrão de drenagem em uma área é, em grande parte, função da relação infiltração/deflúvio que, por sua vez, relaciona-se intimamente com as características do solo, embora o clima, o relevo e a cobertura vegetal da região também exerçam influência.

Para FROST (1960), é importante que se estudem os aspectos regionais antes dos detalhes, para que se possa relacioná-los a fatores ambientais como fisiografia, geologia e clima.

Segundo RABBEN (1960), o trabalho de fotointerpretação consiste de duas etapas principais: na primeira são feitas observações, coleta de dados, medições e identificação das imagens fotográficas; e, na segunda, são tiradas conclusões, através da indução ou dedução de fenômenos, aplicando-se as informações obtidas na solução de problemas específicos.

Com referência à metodologia, RABBEN (1960) considera mais produtiva, sob os aspectos de tempo e esforço dispendidos, a utilização da técnica denominada "pesquisa lógica", pela qual, ba

seado em probabilidades, o fotointérprete pesquisa detalhadamente apenas as áreas onde possam ser encontrados os objetos de interesse ao estudo, ao invés de examinar minuciosamente grandes áreas, em busca desses objetos.

Quanto às limitações da fotointerpretação aplicada à pedologia, FROST (1960) considera três grupos de fatores: material fotográfico e aspectos técnicos, habilidade do fotointérprete e características intrínsecas da paisagem.

GOOSEN (1968) comenta a impossibilidade de descrever os perfis de solos unicamente através de fotografias aéreas que, no entanto, favorecem sensivelmente o rendimento e a exatidão do trabalho. Segundo esse autor, a utilização de fotointerpretação é mais importante em levantamentos de reconhecimento do que a nível detalhado, com o que concorda BURINGH (1960).

Ainda a respeito das limitações do método, DUNBAR (1959) adverte sobre solos de ocorrência em regiões tropicais e, referindo-se particularmente a alguns solos do Brasil, cita o caso de Latossóis com alto conteúdo de argila que, nas imagens fotográficas, têm a aparência de areia barrenta: porosidade relativamente elevada, ângulo de repouso moderadamente íngreme e padrão de drenagem esparsa, pouco integrado.

2.2 - Características de Redes de Drenagem Relacionadas a Solos

A caracterização de bacias hidrográficas pode ser feita qualitativa e quantitativamente. O estudo quantitativo, entretanto, só passou a ser feito, de acordo com STRAHLER (1957), a partir de 1945, aprimorando muito o método de fotointerpretação. Segundo esse autor, coube a Horton o primeiro estudo no sentido de quantificar as características de drenagem em bacias hidrográficas.

O estudo de HORTON (1945) baseou-se nas observações de Playfair, a respeito da correspondência dos rios e seus respectivos vales, evidenciando a importância da relação infiltração/deflúvio da água na composição do sistema de drenagem superficial. As variações nessa relação condicionam uma maior ou menor intensidade de erosão pelas águas correntes, influenciando no grau de desenvolvimento da rede de drenagem. LUEDER (1959) confirmou tais conclusões, atribuindo as formas do padrão de drenagem superficial à relação infiltração/deflúvio e às características dos materiais ocorrentes na área considerada. Materiais relativamente impermeáveis, como argila e argilitos, condicionam a formação de redes mais densas, quando comparadas às formadas sobre materiais mais permeáveis, como arenito e cascalhos. O autor adverte, porém, sobre a existência de exceções, que FRANÇA (1968) atribuiu às diferentes condições de solos que podem, às vezes, ocorrer em áreas similares quanto a material de origem e modos de deposição.

ANDERSON (1957) considerou a área como sendo uma das variáveis mais importantes, por influir diretamente sobre quase todas as características particulares da bacia hidrográfica.

HORTON (1945) considera a resistência do solo à erosão e sua capacidade de infiltração como sendo dois fatores muito importantes, além do relevo e precipitação, no processo de erosão hídrica. Assim sendo, considerando-se um longo período de tempo, em qualquer área sujeita a esse processo de erosão, acabará por prevalecer a resistência do solo e da rocha subjacente.

FREIRE e PESSOTTI (1974), estudando a erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo, verificaram serem os Latossóis mais resistentes à erosão hídrica acelerada, quando comparados a Solos Podzólicos e, entre estes, a erodibilidade aumenta proporcionalmente ao gradiente textural entre os horizontes A e B.

O padrão de drenagem pode ser caracterizado de duas maneiras: qualitativamente, através da descrição de seus atributos; e quantitativamente, pela medida e expressão numérica dos mesmos.

LUEDER (1959) definiu as seguintes características descritivas do padrão de drenagem: grau de integração, densidade, grau de uniformidade, orientação, grau de controle, ângulos de junção e angularidade. A característica "tipo ou modelo" foi sugerida por PARVIS (1950). RICCI e PETRI (1965) introduziram o termo "anomalias", para auxiliar na caracterização do padrão, quando existam variações em um ou mais de seus componentes. O item anomalias fora su

gerido, anteriormente, por MILLER e MILLER (1961).

Segundo HORTON (1945), a determinação dos índices quantitativos da rede de drenagem possibilitam inferências sobre diversas condições do terreno, eliminando ainda a subjetividade da caracterização descritiva.

Segundo SILVA (1977), diversos trabalhos de pesquisa com bacias hidrográficas, estudando o padrão de drenagem, resultaram em dados significativos para a distinção entre solos de naturezas diferentes.

HORTON (1945), em sua tentativa de quantificar o grau de desenvolvimento da drenagem superficial de bacias hidrográficas, apresentou duas relações envolvendo o comprimento e número de rios:

a) Densidade de drenagem: expressa a relação entre precipitação pluviométrica e capacidade de infiltração do solo e é quantificada através da equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

sendo Lt o comprimento total dos rios das diversas ordens e A a área da bacia hidrográfica.

STRAHLER (1957) considerou a densidade de drenagem como sendo o parâmetro mais importante na análise das formas do terreno. HORTON (1945), contudo, concluiu que o padrão de drenagem e a densidade, separados ou combinados, não são suficientes para a perfeita caracterização da rede de drenagem.

HORTON (1945) usou a expressão "composição da rede de drenagem" para indicar os números e comprimentos de rios nas diferentes ordens, independentemente do padrão. Para esse autor, a composição da rede de drenagem possui alta significância hidrológica, ao contrário do padrão considerado isoladamente, que geralmente é indicativo da presença de controles geológicos. NOGUEIRA (1979), estudando características quantitativas do padrão de drenagem, concluiu ser a densidade o parâmetro mais eficiente para evidenciar diferenças entre unidades de solo.

b) Frequência de rios: também proposta por HORTON (1945), representa o número de rios por unidade de área e é expressa pela fórmula

$$F = \frac{N}{A}$$

onde N é o número total de rios e A é a área da bacia hidrográfica.

De acordo com HORTON (1945) e SMITH (1950), os valores de densidade de drenagem e frequência de rios não podem ser utilizados para a comparação direta entre bacias com formas muito diferentes.

Para STRAHLER (1957), a comparação de bacias hidrográficas só é válida se elas tiverem a mesma ordem de ramificação. Utilizando o princípio de análise dimensional e semelhança geométrica, o autor elaborou um sistema de geomorfologia quantitativa, considerando que, havendo semelhança geométrica entre duas bacias, to-

das as medidas entre pontos correspondentes mantêm uma razão de escala fixa.

FRANÇA (1968) aplicou a solos o método sugerido por STRAHLER (1957), para a seleção de bacias hidrográficas através da análise dimensional. Tal método consiste na comparação de bacias de uma mesma unidade de solo, tomadas duas a duas, confrontando-se suas características dimensionais.

A modificação introduzida por HORTON (1945) no sistema europeu de classificação de ordens de ramificação, posteriormente adaptado por STRAHLER (1957), possibilitou a uniformização da análise e comparação das redes de drenagem, condição indispensável para se confrontar elementos semelhantes.

Outro índice muito útil para a diferenciação entre solos é a razão de textura, definida por Johnson, segundo SMITH (1950), como sendo o espaçamento entre canais de drenagem numa bacia hidrográfica. É representada pela fórmula

$$T = \frac{N}{P}$$

onde N é o número de crênulas ou inflexões numa determinada curva de nível da bacia hidrográfica e P é o perímetro da bacia. O autor sugere que se escolha a curva de nível com o maior número de inflexões. FRANÇA (1968), adaptando esse índice para o estudo em fotografias aéreas, considerou N como sendo o número de rios da bacia.

SMITH (1950), além da razão de textura em cada bacia hidrográfica, preconiza o seu valor médio ponderado em relação à área, para caracterizar a textura topográfica em regiões uniformes quanto ao tipo de solo. A fórmula proposta pelo autor é do tipo

$$T_m = \frac{\sum (AxT)}{\sum A}$$

mantendo-se, para o estudo de solos em fotografias aéreas, a modificação de FRANÇA (1968), relativa à razão de textura. A classificação da textura topográfica, adaptada por este autor ao sistema métrico, é a seguinte:

Razão de Textura Média	Classe de Textura Topográfica
< 2,5	Grosseira
2,5 a 6,2	Média
> 6,2	Fina

O índice comprimento médio de rios, introduzido por RAY e FISCHER (1960) em estudos litológicos e por FRANÇA (1968) em estudos de solos, relaciona o comprimento total ao número de segmentos de rios. É expresso em km e obtido pela fórmula

$$L_m = \frac{L_t}{N}$$

STRAHLER (1957) verificou haver uma relação inversa entre os valores de comprimento médio de rios e densidade de drenagem. O trabalho de CHRISTOFOLETTI e CESAR (1978) confirmou tal fato, ao constatar que com o aumento do valor da densidade de drenagem, ocorria uma diminuição quase proporcional do comprimento médio de rios.

FRANÇA (1968) constatou que, entre outros elementos de drenagem, o comprimento médio de rios permitiu estabelecer diferenças entre os solos estudados.

SILVA (1977) afirmou que os valores de comprimento médio de rios, apesar de apontarem diferenças entre solos, não devem ser utilizados isoladamente na separação das unidades pedológicas.

O comprimento médio de rios, segundo NOGUEIRA (1979), é desnecessário para evidenciar diferenças entre unidades de solo, por expressar relação numérica entre outros índices mais eficientes.

Quanto ao sistema de amostragem, HORTON (1945) considerou cada bacia hidrográfica como uma unidade amostral, critério esse adotado pela maioria dos pesquisadores que o sucederam.

RAY e FISCHER (1960) apresentaram o critério de amostragem circular, destinado a trabalhos de caracterização litológica e adotaram amostras com tamanho equivalente a uma área de 10 km². Segundo BURINGH (1960), essa área poderá variar entre 10 e 100 km², em função da escala e do modo de ocorrência dos solos.

KOFFLER (1976a) utilizou, no estudo do padrão de dre

nagem em três solos originados do arenito Bauru, amostras circulares de 10 e 20 km² em imagens aerofotográficas (escalas 1:25.000 e 1:60.000) e de 100 km² em imagens orbitais (Skylab, 1:500.000), respectivamente.

O sistema de amostragem circular tem sido utilizado, com sucesso, em muitos trabalhos de pesquisa, através dos quais sua eficiência tem sido comprovada. A maioria dos autores tem atribuído vantagens a esse processo, quando comparado às bacias hidrográficas.

FRANÇA (1968), utilizando os dois critérios de amostragem no estudo de solos, encontrou dados mais consistentes em amostras circulares, além de constatar uma maior versatilidade na localização das mesmas. As amostras circulares utilizadas nesse trabalho foram padronizadas a 10 km² de área. Esses resultados foram ratificados através de inúmeros trabalhos subsequentes, a maioria delas desenvolvida sob sua orientação.

SOUZA (1975) determinou também, em amostras circulares, os índices frequência de rios, razão de textura e textura topográfica. DEMÉTRIO (1977), trabalhando com fotografias aéreas em três escalas diferentes, concluiu ser o sistema de amostragem circular eficiente e prático para a análise quantitativa dos padrões de drenagem.

SILVA (1977), utilizando-se dos dois sistemas de amostragem, verificou que todas as características quantitativas das redes de drenagem, isoladamente ou em conjunto, permitiram a dife-

renciação entre solos. Obteve, porém, resultados mais consistentes para amostras circulares do que para bacias hidrográficas. Tal fato foi confirmado por POLITANO (1980) que também destacou a superioridade das amostras circulares. Existem tendências para se variar o tamanho da amostra circular, em função de limitações impostas por características locais das áreas de ocorrência dos solos que se pretende estudar. A viabilidade dessa variação em área foi comprovada através dos trabalhos de SOUZA (1975), KOFFLER (1976b) e FREIRE (1977) entre outros, para determinadas unidades de solo que apresentem uniformidade no padrão de drenagem.

GARCIA e ESPÍNDOLA (1980), estudando a variação no número e comprimento de rios em amostras circulares de diferentes tamanhos, concluíram que, para o índice densidade de drenagem, quanto mais denso for o padrão, menor poderá ser a área da amostra circular. Recomendam, entretanto, a realização de testes preliminares para a escolha do tamanho da amostra circular para uma determinada região, em função dos padrões locais de drenagem.

ANGULO FILHO (1981), estudando solos com horizonte argílico e outros com horizonte óxico, sobre fotografias aéreas em várias escalas e obtidas em épocas diferentes, concluiu ser o método de amostragem circular eficiente para caracterizar o padrão de drenagem. A área representada em cada amostra, no referido trabalho, foi padronizada a 10 km², independentemente da razão de escala.

O padrão de drenagem expressa o comportamento hidrológico do solo ao qual está associado e pode, portanto, variar em função da ação conjunta ou isolada dos fatores morfogenéticos e agentes modificadores externos.

No trabalho de FRANÇA (1968), as variações verificadas no padrão de drenagem foram atribuídas, em primeiro lugar, à natureza do solo e, depois, à posição topográfica e à natureza e profundidade do substrato rochoso. Esses fatores foram também verificados por DEMÉTRIO (1977), condicionando o padrão de drenagem.

ESPÍNDOLA (1977) verificou a diferenciação entre três unidades de solo, através dos índices densidade de drenagem e frequência de rios, refletindo diferenças significativas quanto à relação infiltração/deflúvio. O autor concluiu estar o grau de evolução ou maturidade numa sequência inversa aos valores dos índices citados.

No trabalho de SILVA (1977), o autor atribuiu ao relevo, em primeiro lugar, e ao controle geológico, em seguida, o grau de desenvolvimento das redes de drenagem, através da alteração da relação infiltração/deflúvio.

Para ANGULO FILHO (1981), as características do padrão de drenagem foram condicionadas pela natureza e propriedade dos solos estudados, pela natureza e profundidade do substrato rochoso, posição que ocupam no relevo regional e, também, pela vegetação e uso da terra em cada período considerado, modificando as características de drenagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material

3.1.1 - Localização geográfica e descrição da área de estudo

A área escolhida para este trabalho localiza-se, em maior proporção, no Município de Tambaú, Estado de São Paulo, abrangendo também, a leste e a oeste, respectivamente, parte das terras dos Municípios de Casa Branca e Santa Rita do Passa Quatro. Essa região inclui parte do divisor de águas de duas grandes bacias hidrográficas paulistas, a bacia do Rio Pardo, a nordeste, e a bacia do Rio Mogi-Guaçu, a sudoeste.

Geograficamente, essa área situa-se entre os paralelos $21^{\circ}35'$ e $21^{\circ}45'$ de latitude Sul e os meridianos $47^{\circ}05'$ e $47^{\circ}25'$ W Gr. (BRASIL, IBGE, 1971a e b), estando geomorfologicamente locali

zada na Depressão Periférica Paulista, sub-região dos Campos Cerrados, conforme mostram as Figuras 1 e 2.

De acordo com o Atlas do Zoneamento Regional Administrativo e Judiciário (SÃO PAULO, SEPLAN, 1980), o Município de Tambaú faz parte da Região Administrativa de Campinas.

3.1.2 - Geologia e Geomorfologia

A Depressão Periférica Paulista caracteriza-se por ser uma área rebaixada pela erosão, entre as terras altas do Planalto Atlântico e as "cuestas" basálticas do Planalto Ocidental (PENTEADO, 1968). A região em estudo no presente trabalho localiza-se próxima a essas "cuestas", na porção ocidental da Depressão Periférica e tem, de acordo com ALMEIDA (1964) e o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, Instituto Geográfico e Geológico, 1974), a cronogeologia indicada na Tabela 1.

Tabela 1 - Cronogeologia da área de estudo.

ERA	PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO	ROCHAS
Paleozóica	Permiano	Passa-Dois	Corumbataí	Siltitos, folhelhos, arenitos, calcário e sílex.
Mesozóica	Cretáceo Jurássico	São Bento	Botucatu e Pirambóia	Arenitos, argilitos e conglomerados.
Mesozóica	Cretáceo Jurássico	-	-	Rochas ígneas básicas (intrusivas).

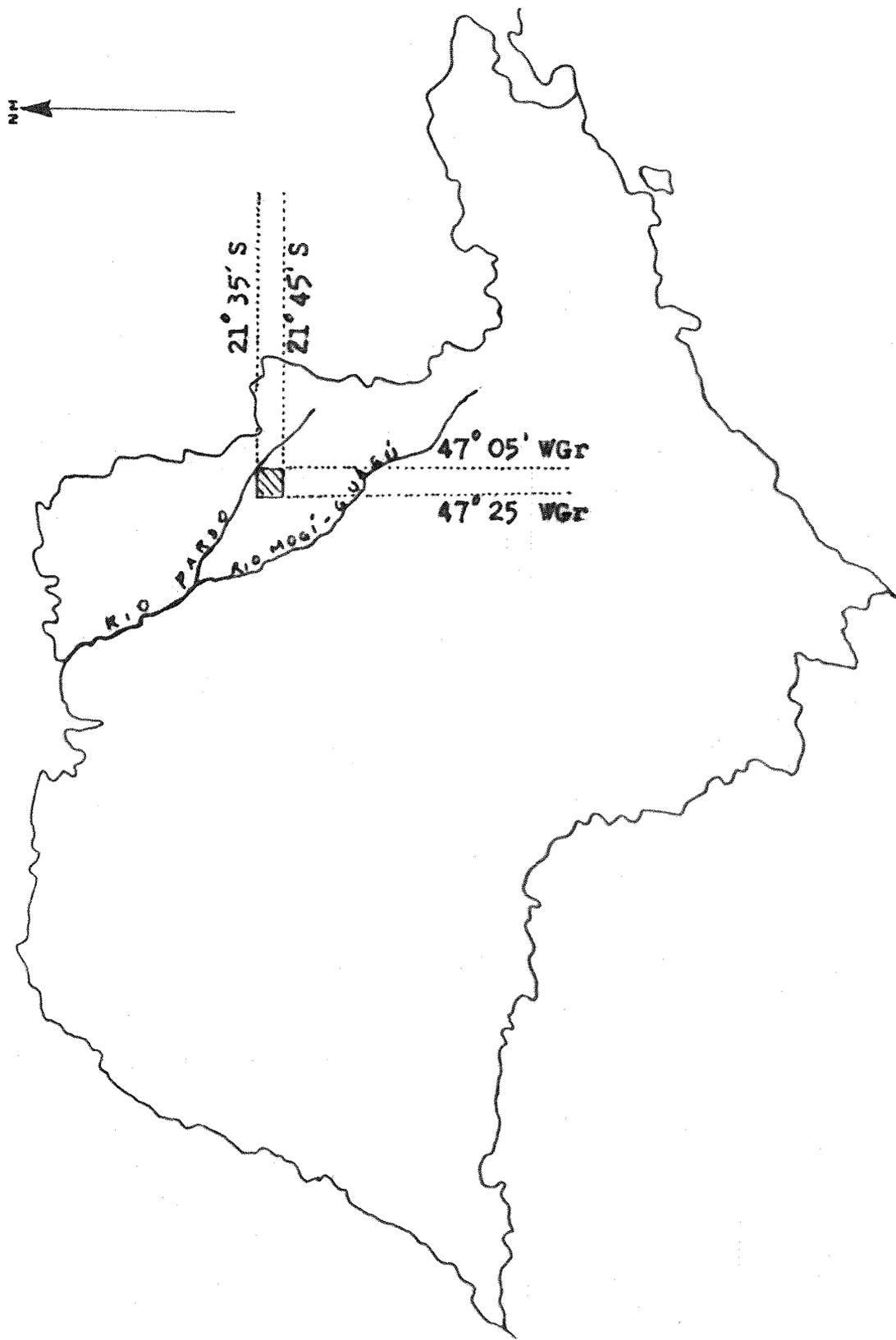


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo. Adaptado de BRASIL, IBGE (1971a) - Carta do Brasil.

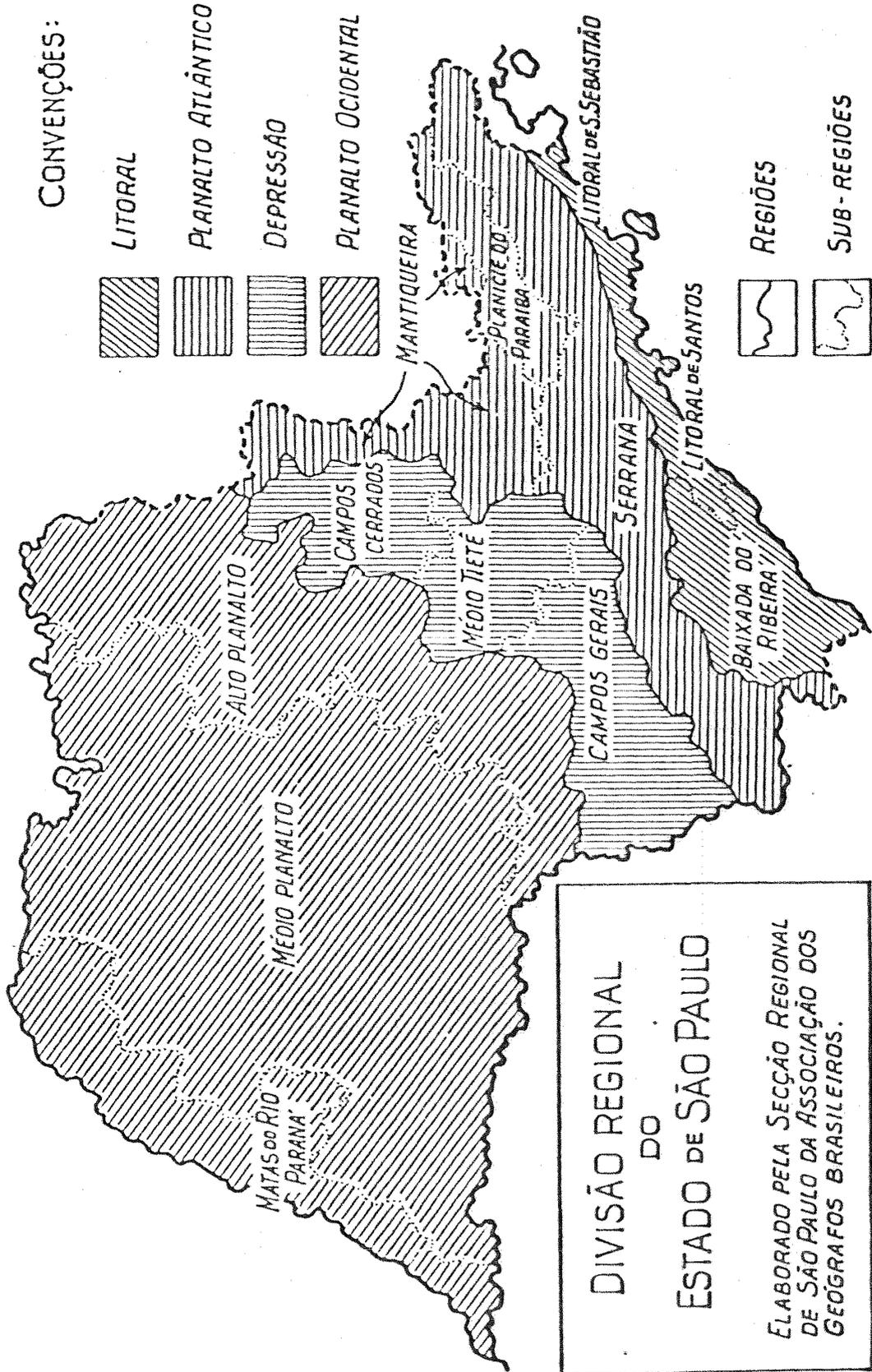


Figura 2 - Divisão regional fisiográfica do Estado de São Paulo.

O relevo é, em alguns locais da área, bastante modificado por zonas de intrusão de rochas básicas, o que se evidencia pela presença de "morros testemunhas" ou "morros em forma de sino", de ocorrência muito frequente próximo às "cuestas" ocidentais. Segundo PENTEADO (1968), a diversidade de material presente deve-se, em parte, ao mergulho das camadas rochosas em direção a noroeste, cuja inclinação pode variar, com limites aproximados, de 0,5 a 3,5%.

O processo de erosão geológica é responsável pela remoção de materiais mais facilmente desagregáveis, permanecendo no local os mais resistentes, na forma de "cuestas" e "morros testemunhas". A Figura 3 apresenta as formações geológicas ocorrentes no Estado de São Paulo.

3.1.3 - Topografia

O relevo da área como um todo, caracteriza-se por ser bastante variável, oscilando entre 590 m às margens do Rio Tambaú e 989 m na Serra do Córrego Fundo, ponto mais alto da região. Nesse local predominam Litossóis provenientes de rochas eruptivas básicas.

Na área de ocorrência de solos com horizonte argílico (B textural), a amplitude altimétrica situa-se entre 730 e 890 m, apresentando declives pouco uniformes, que variam de 6 a 20%, com relevo ondulado a fortemente ondulado.

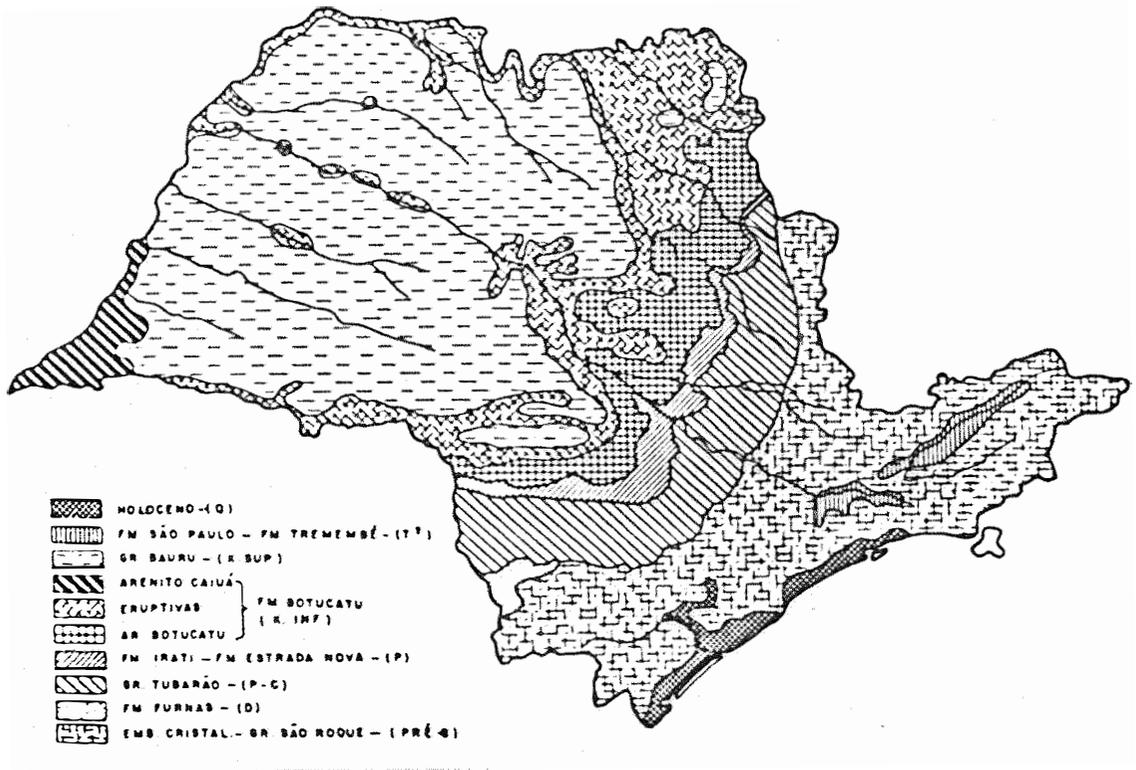


Figura 3 - Mapa geológico esquemático do Estado de São Paulo (ROTTA, 1972).

As áreas onde predominam os solos com horizonte óxíco (B latossólico) apresentam amplitude altimétrica entre 590 e 690 m, com declives mais longos e uniformes, normalmente inferiores a 6%, quando sobre rochas eruptivas básicas e entre 700 e 790 m, com declives normalmente inferiores a 8%, quando em áreas sedimentares. Os dados a respeito do relevo foram obtidos através do exame das Folhas Topográficas (BRASIL, IBGE, 1971a e b).

3.1.4 - Clima

De acordo com SETZER (1966), pelo sistema de classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, denominado clima mesotérmico de inverno seco, caracterizando-se pela precipitação superior a 1.000 mm anuais e temperatura média inferior a 18 °C no mês mais frio e superior a 22 °C no mês mais quente. Pela efetividade da precipitação, o clima da área em estudo é classificado como Ccw, significando clima subtropical úmido com estiagem no inverno, sendo a precipitação total no mês mais frio inferior a 30 mm. As médias anuais de precipitação e temperatura são, respectivamente, de cerca de 1.350 mm e 20 a 22 °C (SÃO PAULO, Secretaria de Serviços e Obras Públicas, 1972).

3.1.5 - Vegetação primitiva e uso atual da terra

Devido, em parte às variações existentes quanto a relevo e material de origem dos solos, há diferenças marcantes na vegetação primitiva, conforme se pode verificar em trechos de matas remanescentes.

No setor Norte da área predominam campos cerrados, cerrados e cerradões, evidências de matas em regeneração. O uso atual da terra, nessa zona, baseia-se em reflorestamento e pastagens, principalmente.

Nos setores Sul e Oeste, bastante semelhantes sob o aspecto ecológico, existem alguns trechos de cerradões e matas perenifoliadas, próximo às áreas montanhosas. Atualmente, nessa parte da área, predominam culturas perenes, como citros e café. As várzeas e baixadas úmidas são cultivadas geralmente com cereais.

No setor Leste existem extensas áreas de matas nativas, intercaladas com cerradões e campos cerrados. O uso atual, nessa zona, baseia-se em culturas anuais como algodão e cereais, além de grandes glebas com cana-de-açúcar e pastagem melhorada. Existe reflorestamento em áreas restritas.

3.1.6 - Solos ocorrentes na área amostrada

Pelo exame da Carta de Solos do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo (COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA, 1960a), complementado com observações de campo, verifica-se, na área de estudo, a ocorrência de três unidades de mapeamento principais que, classificadas a nível de fases e variações de Grandes Grupos, são as seguintes:

- a. Latossol Vermelho Escuro orto;
- b. Latossol Roxo equivalente eutrófico;
- c. Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.

As Figuras 4, 5 e 6 mostram a distribuição geográfica desses solos no Estado de São Paulo.

De acordo com a COMISSÃO DE SOLOS (1960b) e DEMATTE (1976), as principais características dessas unidades de solos estão apresentadas na Tabela 2.

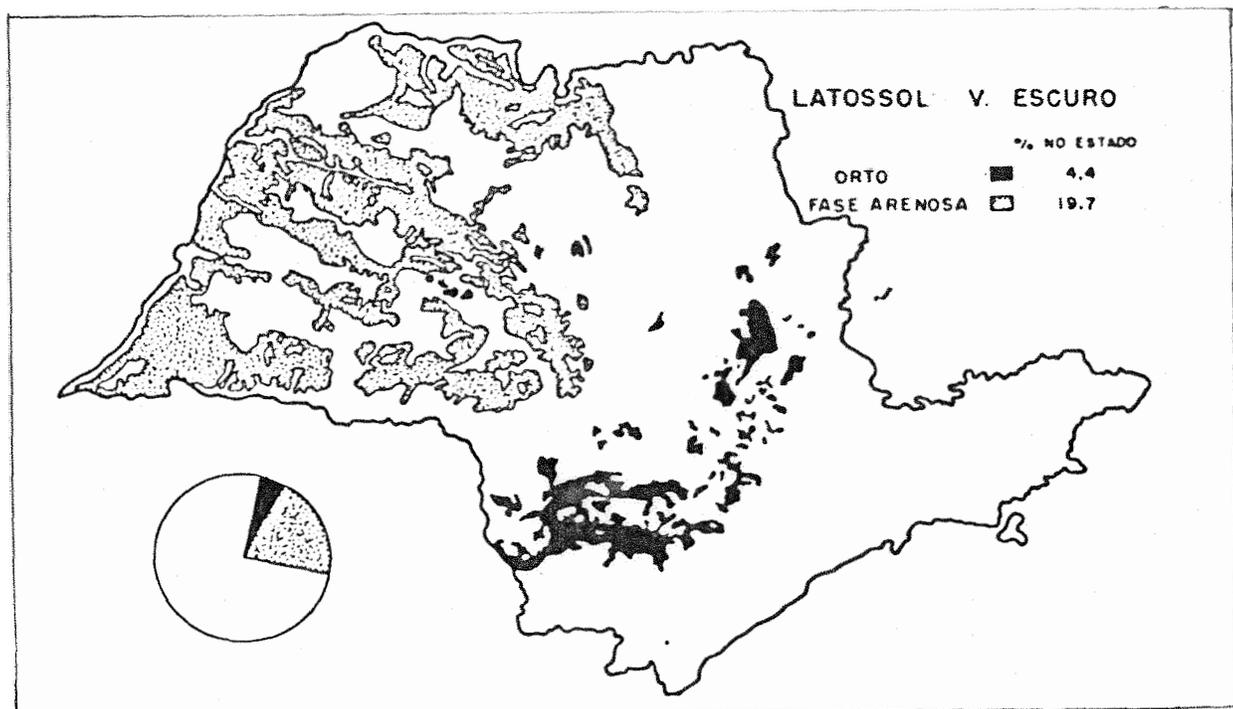


Figura 4 - Localização do Latossol Vermelho Escuro no Estado de São Paulo (COMISSÃO DE SOLOS DO SERV. NAC. DE PESQ. AGRON., 1960).

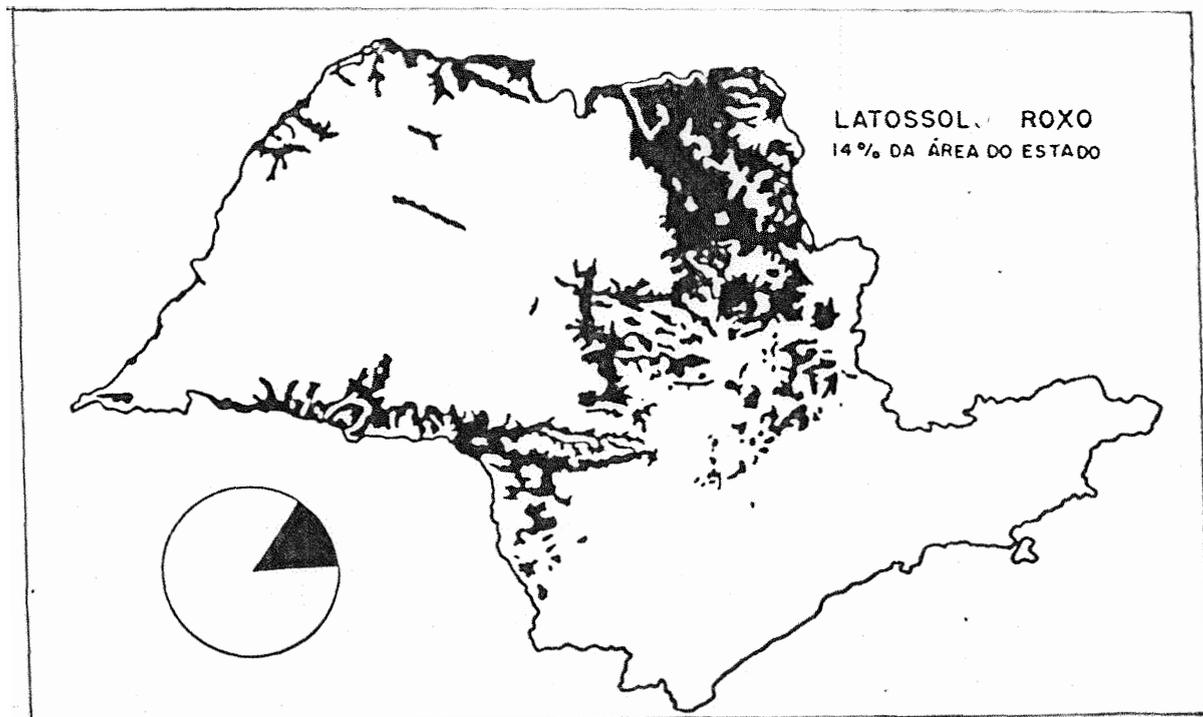


Figura 5 - Localização do Latossol Roxo no Estado de São Paulo (COMISSÃO DE SOLOS DO SERV. NAC. DE PESQ. AGRON., 1960).

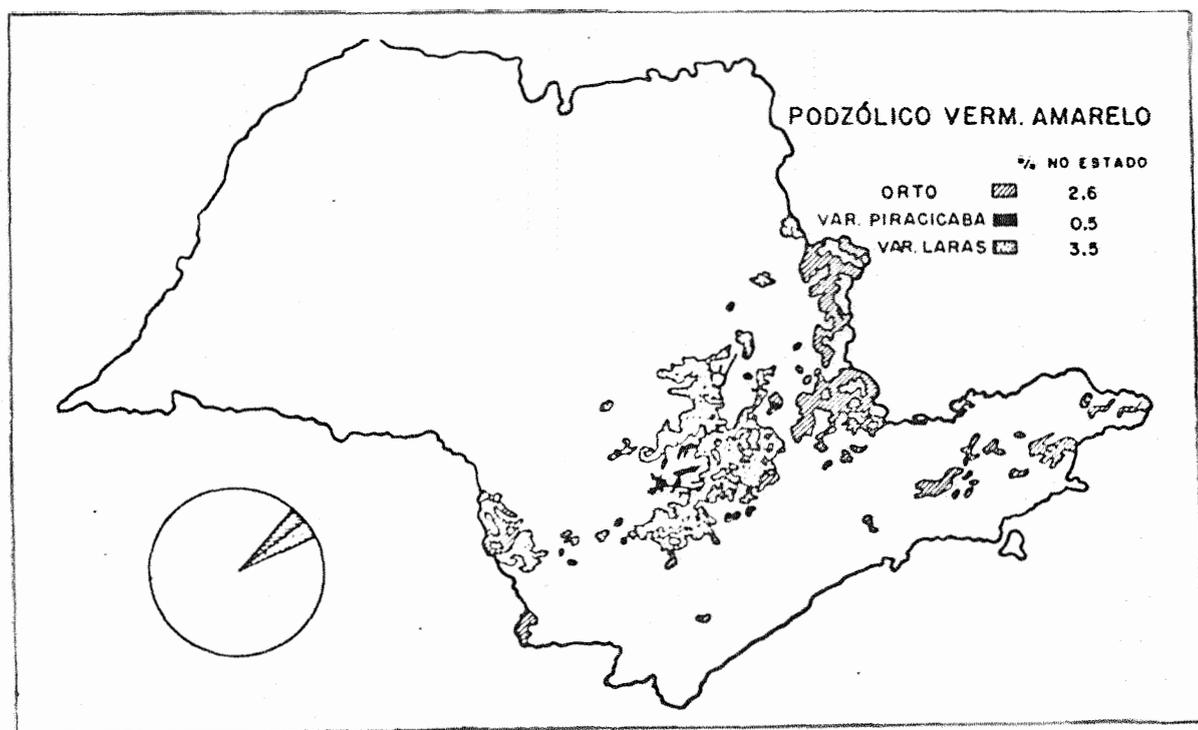


Figura 6 - Localização do Solo Podzólico Vermelho-Amarelo no Estado de São Paulo (COMISSÃO DE SOLOS DO SERV. NAC. DE PESQ. AGRON., 1960).

Tabela 2 - Principais características morfológicas e funcionais das unidades de solo em estudo.

CARACTERÍSTICAS	LVE orto	LR eutrófico	PVA var. Laras
Mat. origem	Folhelho, argilito	Rochas eruptivas básicas (intrusivas)	Arenito
Relevo	Plano a suavemente ondulado	Plano a suavemente ondulado	Ondulado
Profundidade	Muito profundo	Muito profundo	Moderadamente profundo
Natureza do Hor. B	Latossólico (óxico)	Latossólico (óxico)	Textural (argílico)
Drenagem interna	Boa	Boa	Moderada
Rel. Infiltração/Deflúvio	Alta	Alta	Baixa
Textura do Hor. A	Argila	Argila	Areia barrenta ou barro arenoso
Textura do Hor. B	Argila	Argila	Barro arenoso ou barro argilo-arenoso
Retenção de água no perfil	Média	Alta	Baixa
Resistência à Erosão	Alta	Alta	Muito baixa
Intens. de Uso Agríc.	Alta	Muito Alta	Média

FONTE: Adaptado de COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (1960b) e de DEMATTÉ (1976).

Além das três unidades pedológicas dominantes, ocorrem também, na área, solos pouco desenvolvidos, como Litossóis nas encostas mais íngremes e Solos Hidromórficos nas várzeas e margens de rios.

Em excursões aos locais de interesse, destinadas à verificação de alguns resultados obtidos através das interpretações fotográficas, numa fase posterior ao trabalho de escritório, foram feitas descrições morfológicas em perfis representativos das unidades de solo em estudo. Apenas algumas das bacias hidrográficas foram amostradas, em locais que, escolhidos no mapa de drenagem, apresentaram maior uniformidade para as características quantitativas analisadas.

Foram também incluídos nessas descrições morfológicas, dados adicionais associando o uso atual da terra às formas e intensidade de erosão acelerada constatadas no local, visando relacionar a resistência do substrato rochoso à erosão geológica, conforme LUEDER (1959) e a resistência dos solos à erosão acelerada, de acordo com as observações de HORTON (1945).

Os resultados, obtidos através das observações de campo e manipulação das amostras de terra, encontram-se nas Tabelas 3, 4 e 5, resumindo as características associadas à drenagem interna.

Tabela 3 - Características morfológicas principais associadas à drenagem interna, determinadas em perfis representativos do Latossol Vermelho Escuro orto.

Bacia hidrográfrica LE-3

Relevo local: suavemente ondulado

Uso atual: pastagens, café e citros

Formas e intensidade de erosão acelerada: não aparente, sob pastagem; erosão laminar moderada a severa em pomares de citros e café sem práticas conservacionistas.

HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA	ESTRUTURA		DRENAGEM INTERNA
			Tipo	Grau	
Ap	0-22	Barro argi- lo-arenoso	Granular	Fraco	Boa
A3	22-52	Barro argi- loso	Blocos Subangulares	Fraco	Boa
B1	52-98	Argila	Maciça	Fraco	Boa
B2	98-207	Argila	Maciça	Fraco	Boa/Moderada
C	207+	Argila	Maciça	Fraco	Boa/Moderada

Tabela 3 - continuação

Bacia hidrográfica LE-4

Relevo local: suavemente ondulado

Uso atual: pastagem, café e citros

Formas e intensidade de erosão acelerada: sulcos ocasionais em cafezal novo; sulcos frequentes em carregadores pendentes.

HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA	ESTRUTURA		DRENAGEM INTERNA
			Tipo	Grau	
Ap	0-29	Barro argi- lo-arenoso	Granular	Fraco	Boa
A3	29-77	Barro argi- loso	Granular	Fraco	Boa
B1	77-129	Argila	Maciça	Fraco	Boa
B2	129-254	Argila	Maciça	Moderado	Boa/Moderada

Obs.: horizonte C não atingido.

Tabela 3 - continuação

Bacia hidrográfica LE-5

Relevo local: suavemente ondulado

Uso atual: pastagem, café, citros e eucalipto

Formas e intensidade de erosão acelerada: não aparente, sob pastagem e reflorestamento; erosão laminar moderada a severa em cafezal adulto sem práticas conservacionistas.

HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA	ESTRUTURA		DRENAGEM INTERNA
			Tipo	Grau	
Ap	0-28	Barro argi- loso	Granular	Moderado	Boa
A3	28-91	Argila	Blocos Subangulares	Moderado	Boa
B1	91-136	Argila	Maciça	Moderado	Boa
B2	136-205	Argila	Maciça	Moderado	Boa/Moderada
B3	205-316	Barro silto- so	Maciça	Fraco	Boa/Moderada
C	316+	Barro argi- lo-siltoso	Prismática	Forte	Moderada

Obs.: a presença de estrutura prismática e forte no horizonte C é, provavelmente, herdada do material de origem (argilitos e sil-
titos).

Tabela 4 - Características morfológicas principais associadas à drenagem interna, determinadas em perfis representativos do Latossol Roxo equivalente eutrófico.

Bacia hidrográfica LR-1

Relevo local: suavemente ondulado

Uso atual: cana-de-açúcar e citros

Formas e intensidade de erosão acelerada: não aparente

HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA	ESTRUTURA		DRENAGEM INTERNA
			Tipo	Grau	
Ap	0-23	Argila	Granular	Fraco	Boa
A3	23-48	Argila	Granular	Fraco	Boa
B1	48-95	Argila	Granular	Fraco	Boa
B2	95-125	Argila	Maciça porosa	Fraco	Boa
B3	125-285	Argila	Maciça	Fraco	Boa

Obs.: horizonte C não atingido.

Tabela 4 - continuação

Bacia hidrográfica LR-2

Relevo local: suavemente ondulado

Uso atual: algodão, cana-de-açúcar e pastagem

Formas e intensidade de erosão acelerada: não aparente

HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA	ESTRUTURA		DRENAGEM INTERNA
			Tipo	Grau	
Ap	0-27	Barro argi- lo-siltoso	Esferoidal	Moderado	Boa
A3	27-71	Argila	Esferoidal	Moderado	Boa
B1	71-112	Argila	Esferoidal	Fraco	Boa
B2	112-156	Argila	Maciça	Fraco	Boa
B3	156-290	Argila	Maciça	Fraco	Boa
C	290+	Barro sil- toso	Prismática	Fraco	Boa/Moderada

Tabela 4 - continuação

Bacia hidrográfica LR-3

Relevo local: plano a suavemente ondulado

Uso atual: arroz, cana-de-açúcar, pastagem e citros

Formas e intensidade de erosão acelerada: não aparente

HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA	ESTRUTURA		DRENAGEM INTERNA
			Tipo	Grau	
Ap	0-30	Argila	Granular	Fraco	Boa
A3	30-72	Argila	Granular	Fraco	Boa
B1	72-93	Argila	Granular	Moderado	Boa
B2	93-196	Argila	Maciça	Moderado	Boa
B3	196-305	Argila	Maciça	Fraco	Boa
C	305+	Barro sil- toso	Maciça	Fraco	Boa/Moderada

Tabela 5 - Características morfológicas principais associadas à drenagem interna, determinadas em perfis representativos de Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.

Bacia hidrográfica Ls-2

Relevo local: fortemente ondulado

Uso atual: pastagem, citros e algodão

Formas e intensidade de erosão acelerada: não aparente, sob pastagens. Sulcos frequentes sob citros, com rompimento de cordões de contorno em alguns pontos. Erosão laminar moderada e localizada sob algadoal com terraceamento.

HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA	ESTRUTURA		DRENAGEM INTERNA
			Tipo	Grau	
Ap	0-30	Barro arenoso	Grãos Simples	Moderado	Boa
A2	30-54	Barro arenoso	Blocos Subangulares	Moderado	Boa
B21t	54-98	Barro argiloso	Blocos Subangulares	Forte	Moderada
B22t	98-133	Barro argilo-arenoso	Prismática	Moderado	Moderada
C	133+	Barro arenoso	Prismática	Fraco	Boa/Moderada

Tabela 5 - continuação

Bacia hidrográfica Ls-3

Relevo local: fortemente ondulado

Uso atual: citros, reflorestamento e pastagem

Formas e intensidade de erosão acelerada: não aparente, sob pastagem e reflorestamento. Sulcos ocasionais e erosão laminar moderada a severa sob citros sem práticas conservacionistas

HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA	ESTRUTURA		DRENAGEM INTERNA
			Tipo	Grau	
Ap	0-22	Barro arenoso	Maciça	Fraco	Boa
A2	22-46	Barro arenoso	Maciça	Fraco	Boa
B21t	46-92	Barro argiloso	Blocos Subangulares	Moderado	Moderada
B22t	92-113	Barro argiloso	Blocos Subangulares	Forte	Moderada
C	113+	Barro argiloso	Prismática	Forte	Imperfeita

Tabela 5 - continuação

Bacia hidrográfica Ls-4

Relevo local: fortemente ondulado

Uso atual: reflorestamento e pastagem

Formas e intensidade de erosão acelerada: não aparente,
sob eucaliptos. Sulcos rasos e frequentes,
sob pastagem natural.

HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA	ESTRUTURA		DRENAGEM INTERNA
			Tipo	Grau	
Ap	0-28	Barro arenoso	Granular	Fraço	Boa
A2	28-49	Barro arenoso	Maciça	Moderado	Boa
B21t	49-122	Barro argiloso	Blocos Subangulares	Moderado	Moderada
B22t	122-179	Barro argiloso	Blocos Subangulares	Forte	Moderada
C	179+	Barro arenoso	Blocos Subangulares	Fraço	Imperfeita

Obs.: presença de excesso de água no horizonte C.

3.1.6.1 - Bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas escolhidas para serem analisadas, qualitativa e quantitativamente, pelo método de "análise dos elementos" proposto por BURINGH (1960), são descritas a seguir, ordenadas de acordo com as unidades de solo onde ocorrem. As informações sobre localização e declividade média entre o canal principal e o divisor de águas, no ponto de maior diferença de cota, foram obtidas através do exame das Folhas Topográficas (BRASIL, IBGE, 1971a e b).

Os limites demarcados em linha tracejada representam os divisores de água das bacias. Baixadas úmidas e zonas de baixo grau de integração aparecem delimitadas por linhas pontilhadas.

a) Latossol Vermelho escuro orto

A bacia hidrográfica LE-1, representada na Figura 7, localiza-se a aproximadamente 10 km a Oeste de Tambaú e é tributária do Rio Claro pela margem direita, próximo à colônia da Fazenda Rio Claro.

Declividade média de encosta: 6%.

Vegetação natural: matas e cerrado.

Uso atual da terra: algodão.

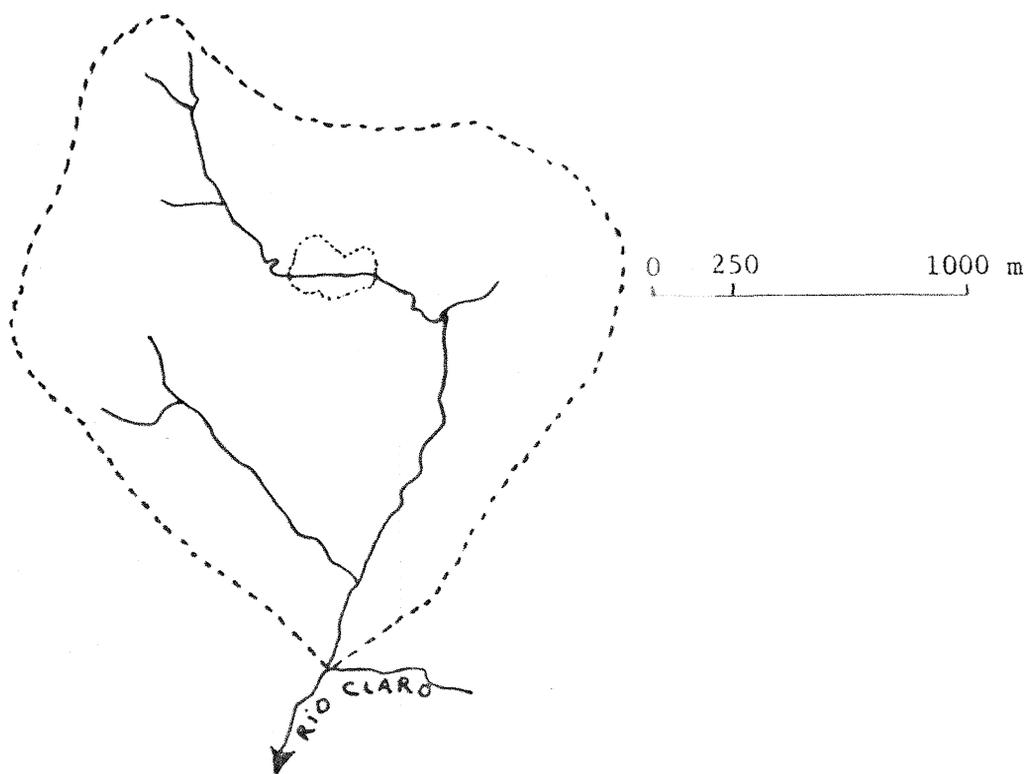


Figura 7 - Bacia hidrográfica LE-1.

A bacia hidrográfrica LE-2, representada na Figura 8, situa-se a cerca de 7,5 km a Oeste de Tambaú e é a terceira tributária do Rio Claro pela margem esquerda, ficando próxima à sede da Fazenda Santa Tereza.

Declividade média de encosta: 4%.

Vegetação natural: mata e cerradão.

Uso atual da terra: algodão e pastagem.

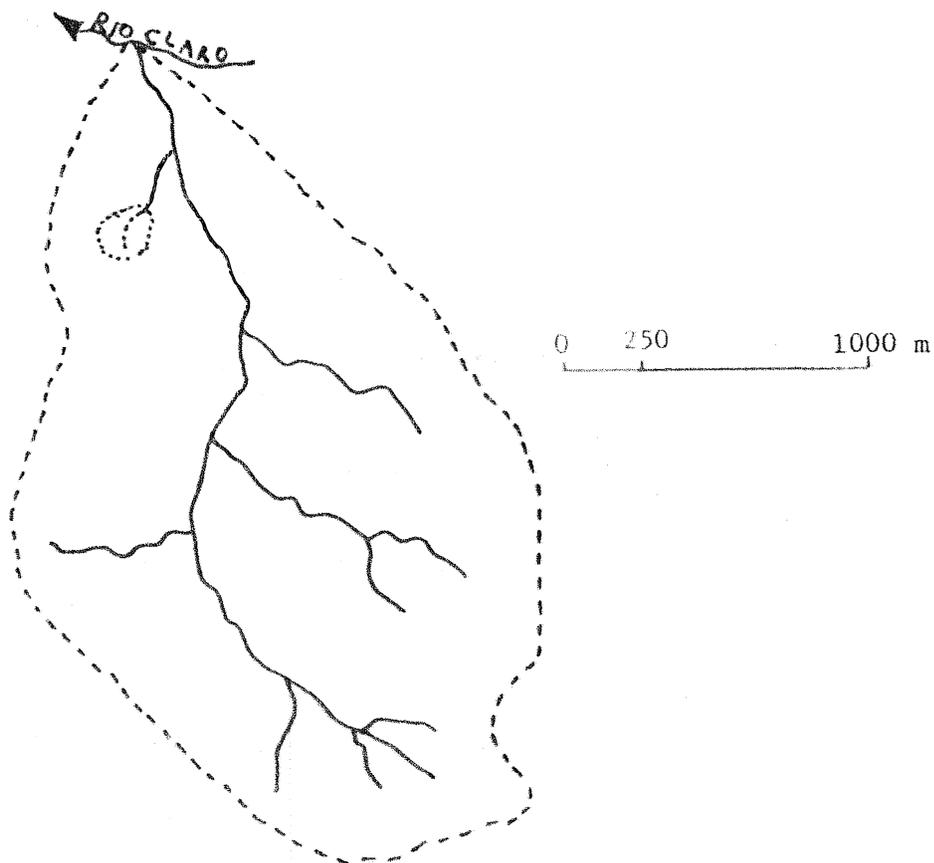


Figura 8 - Bacia hidrográfrica LE-2.

A bacia hidrográfrica LE-3, representada na Figura 9, localiza-se a aproximadamente 3,5 km a Oeste de Tambaú e é a primeira tributária pela margem direita do Córrego da Arrependida. Situa-se em terras da Fazenda Bebedouro.

Declividade média de encosta: 5%.

Vegetação natural: capoeira e cerrado.

Uso atual: pastagem, café e citros.

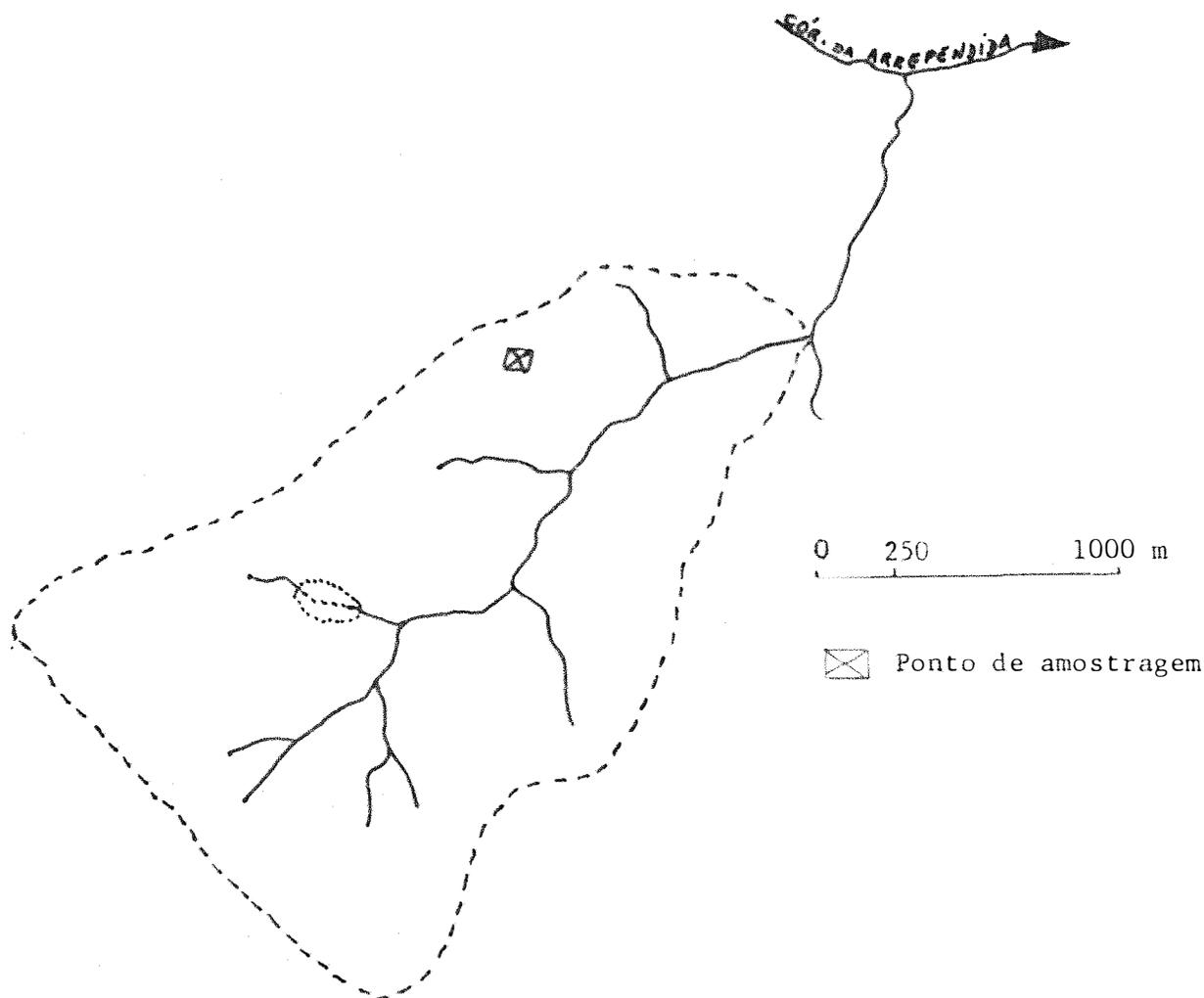


Figura 9 - Bacia hidrográfrica LE-3.

A bacia hidrográfrica LE-4, representada na Figura 10, fica a cerca de 13 km a Sudoeste de Tambaú, sendo a primeira tributária do Rio Claro, à montante da Represa de São Valentim. Localiza-se em terras da Fazenda Santa Elisa.

Declividade média de encosta: 6%.

Vegetação natural: cerrado.

Uso atual da terra: pastagem, café e citros.

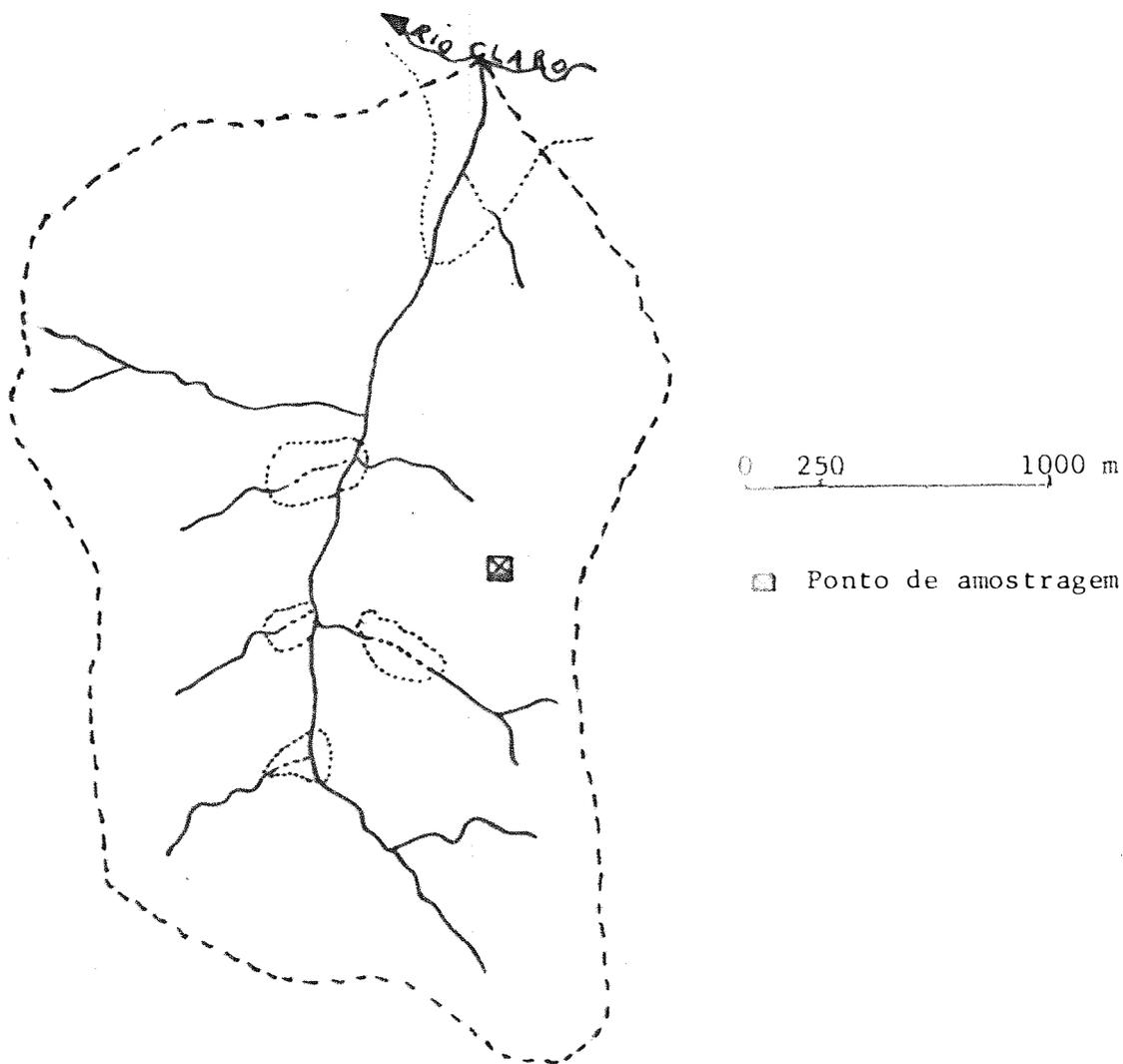


Figura 10 - Bacia hidrográfrica LE-4.

A bacia hidrográfica LE-5, representada na Figura 11, tem o divisor de águas do lado oeste comum com a bacia LE-3 e apresenta características semelhantes às daquela.

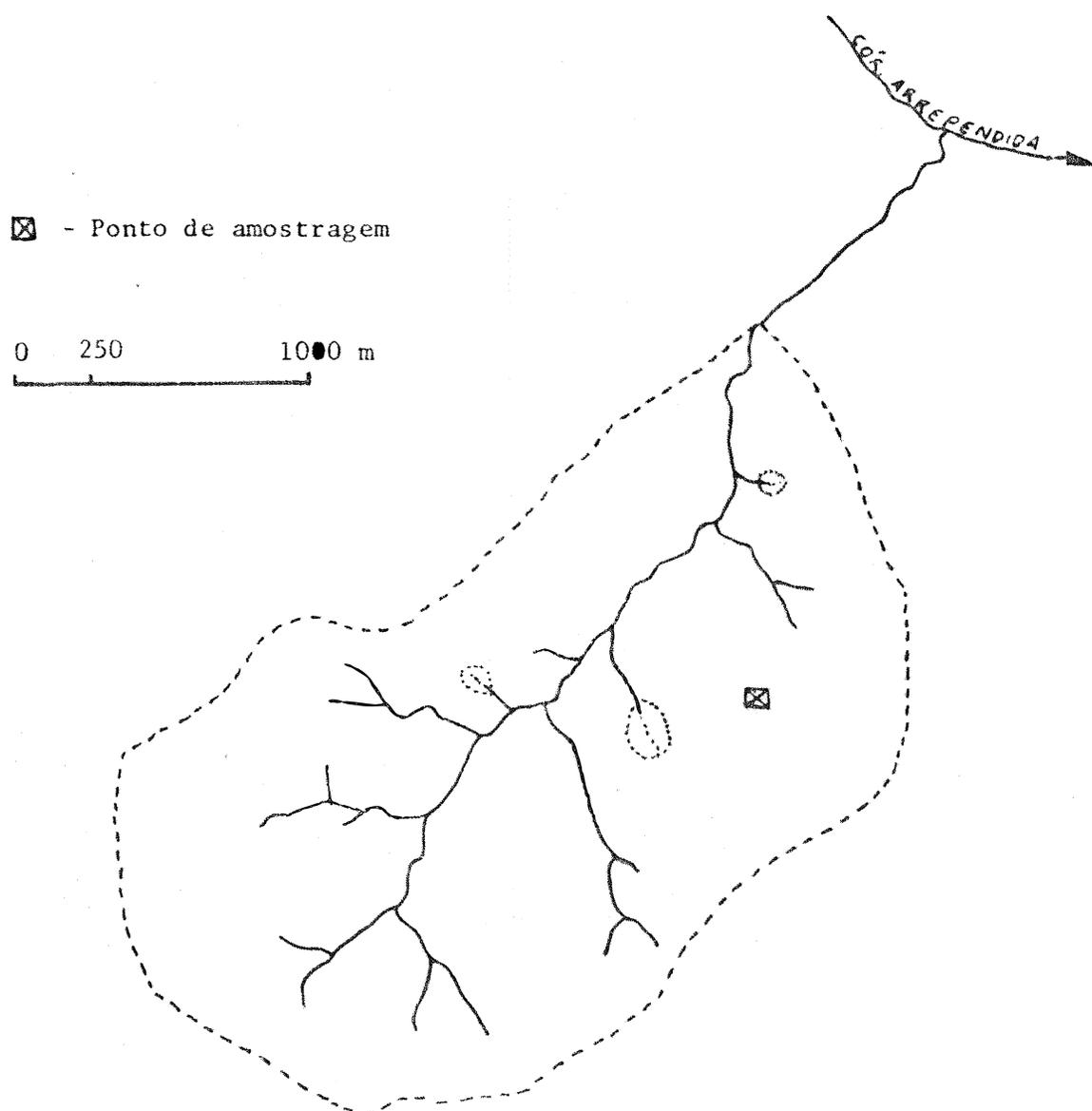


Figura 11 - Bacia hidrográfica LE-5.

b) Latossol roxo eutrófico

A bacia hidrográfrica LR-1, representada na Figura 12, localiza-se a aproximadamente 6 km a Sudeste de Tambaú. Forma a cabeceira de drenagem do Ribeirão Taquaruçu e sobre seu divisor do lado leste passam os trilhos da FEPASA. Faz parte da Fazenda Brejão.

Declividade média de encosta: 5%.

Vegetação natural: matas e campos.

Uso atual da terra: cana e citros.

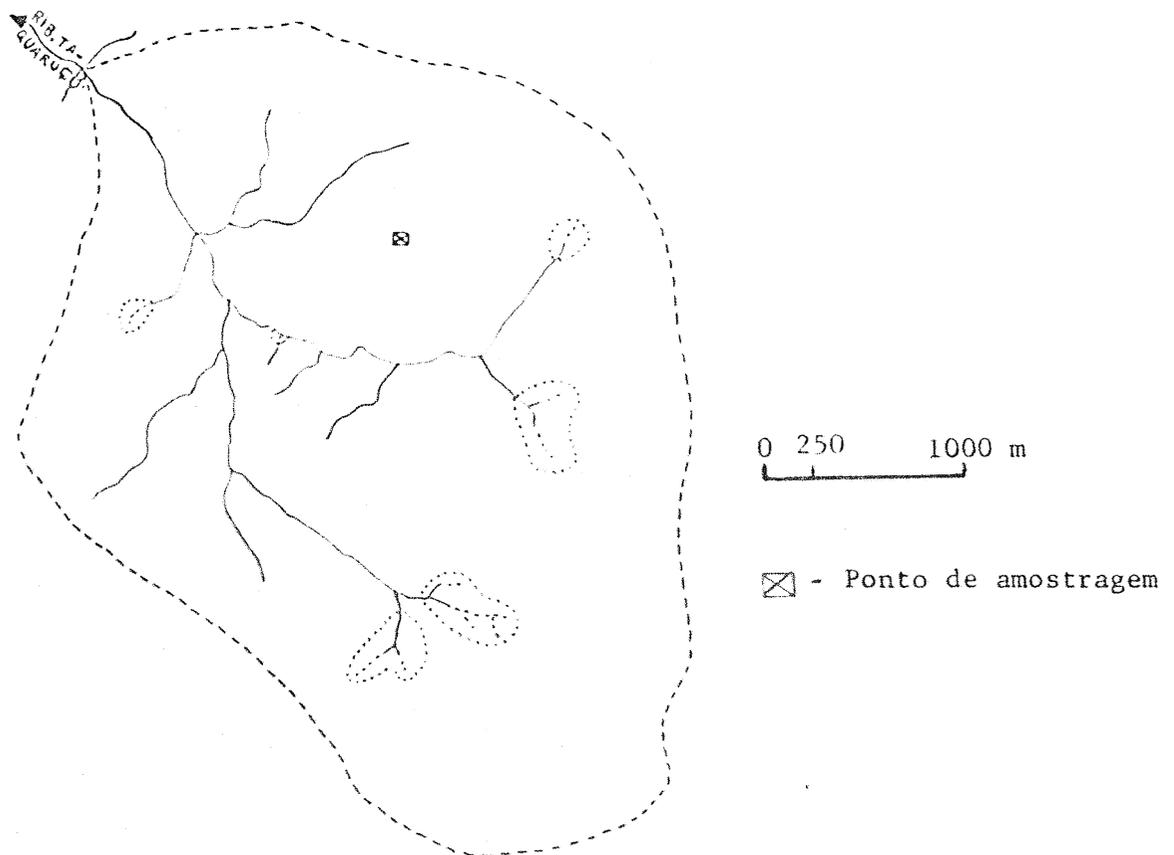


Figura 12 - Bacia hidrográfrica LR-1.

A bacia hidrográfrica LR-2, representada na Figura 13, localiza-se a cerca de 6 km a Leste da sede do município e é afluente do Rio Tambaú pela margem direita, 3 km a jusante da foz do Ribeirão Taquaruçu, nas terras da Fazenda Alegria.

Declividade média de encosta: 4%.

Vegetação natural: matas e campos.

Uso atual: cana, algodão e pastagem.

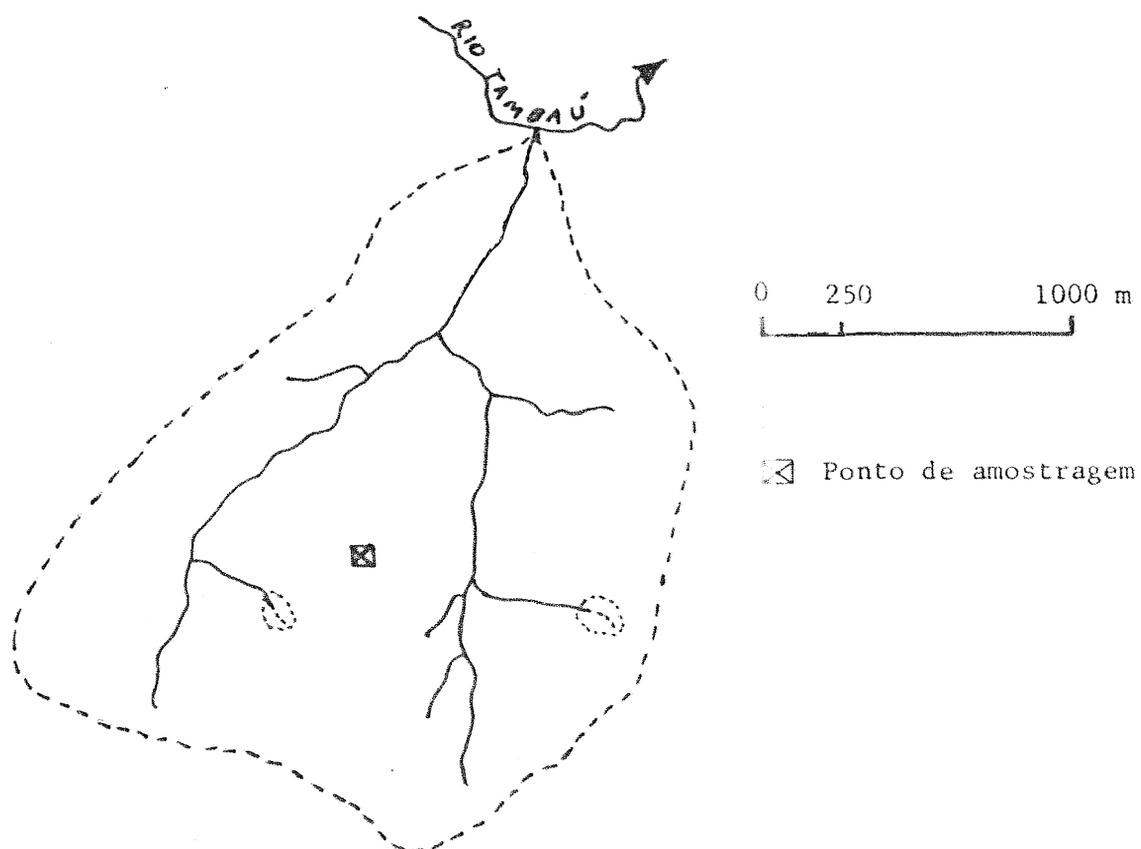


Figura 13 - Bacia hidrográfrica LR-2.

A bacia hidrográfrica LR-3, representada na Figura 14, forma a cabeceira de drenagem do Córrego da Serrinha, localizando-se a 10 km a Leste da cidade de Tambaú. Faz parte da Fazenda Santa Maria e apresenta várzeas em áreas restritas.

Declividade média de encosta: 4%.

Vegetação natural: matas ciliares e campos.

Uso atual da terra: arroz (nas baixadas), cana, pastagem e citros.

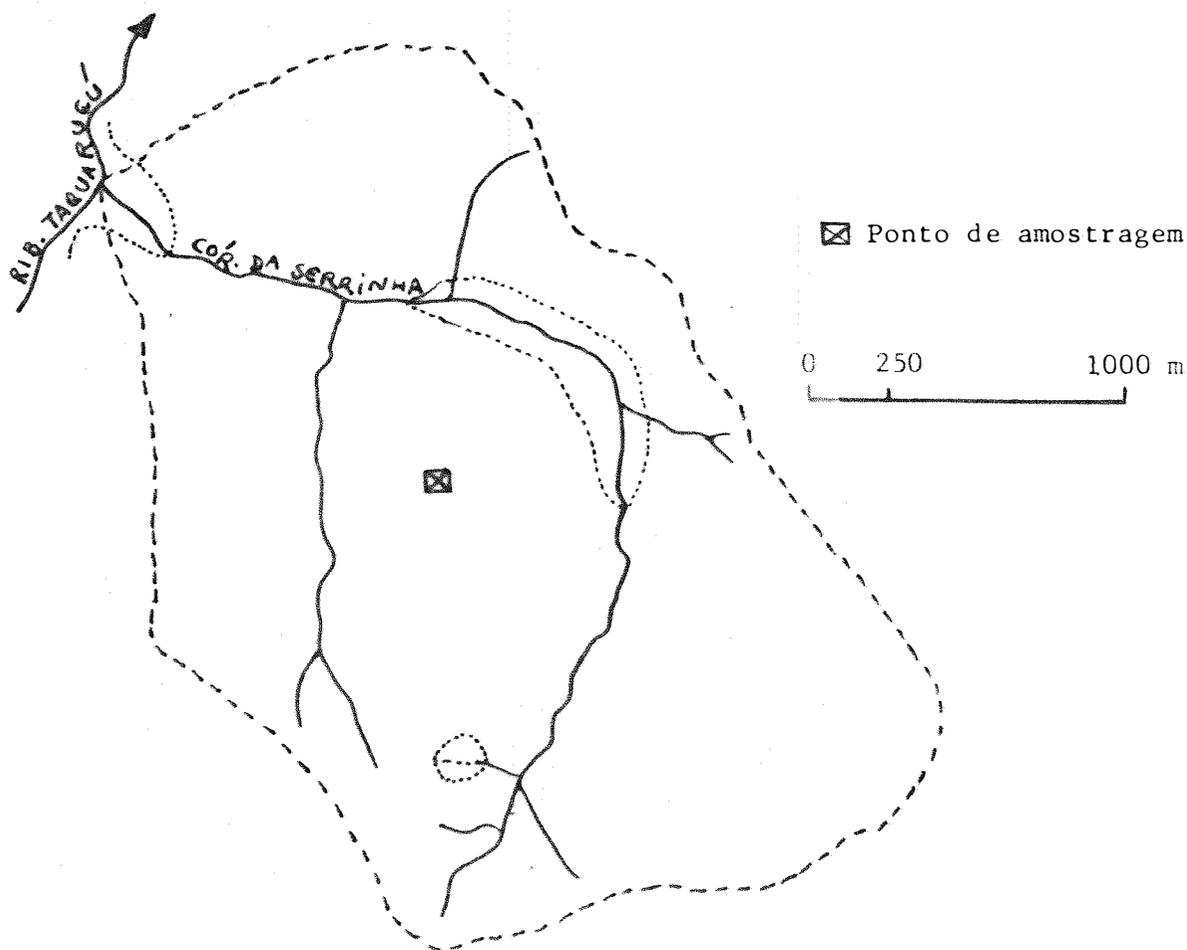


Figura 14 - Bacia hidrográfrica LR-3.

A bacia hidrográfrica LR-4, representada na Figura 15, localiza-se a cerca de 12 km a Leste de Tambaú e forma a cabeceira de drenagem do Córrego Água Branca, ficando na Fazenda São Sebastião da Estiva. Apresenta baixadas úmidas nas várzeas ribeirinhas.

Declividade média de encosta: 3%.

Vegetação natural: vegetação de várzea, matas e campos.

Uso atual da terra: arroz (nas baixadas), cana, citros e pastagens.

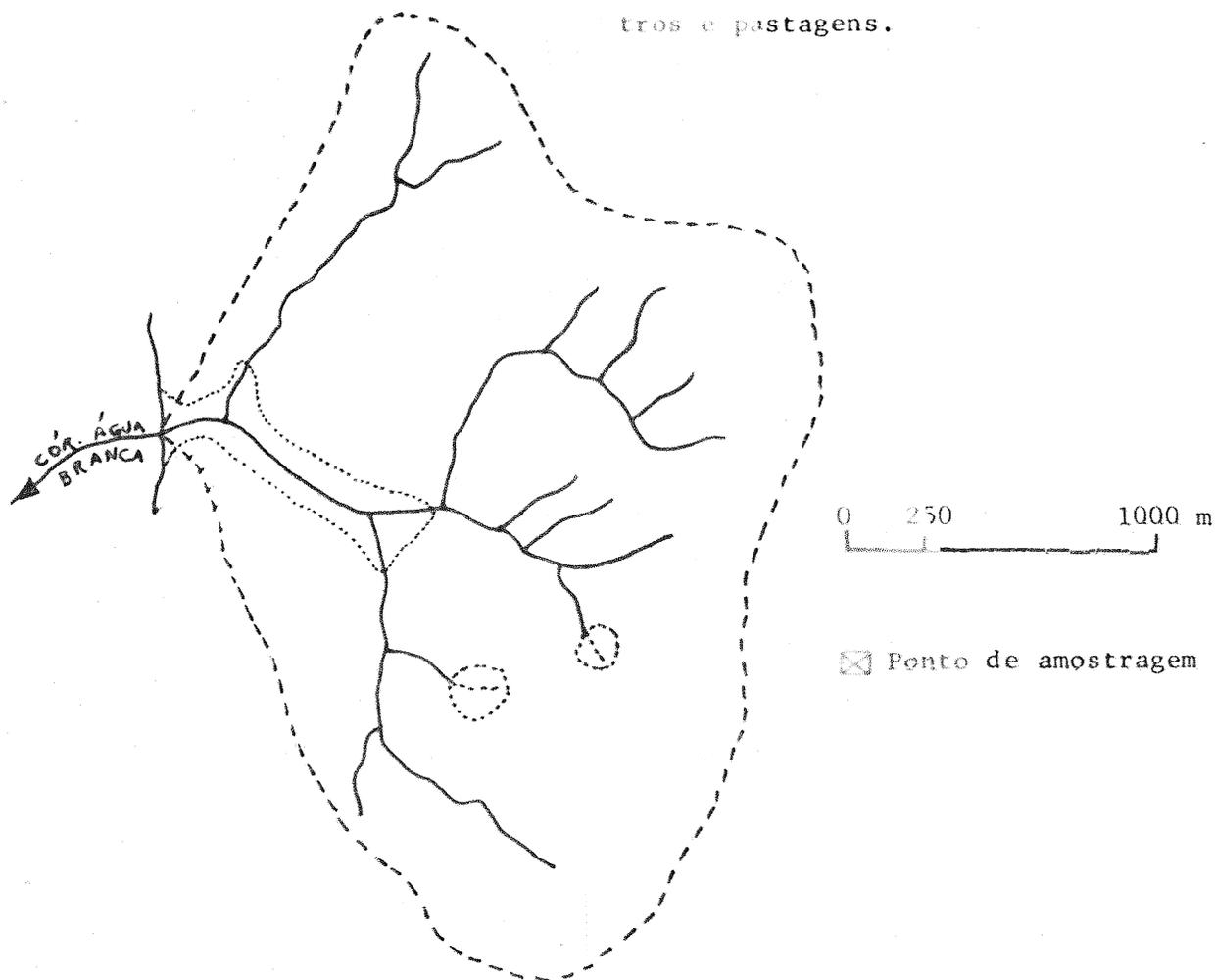


Figura 15 - Bacia hidrográfrica LR-4.

A bacia hidrográfica LR-5, representada na Figura 16, localiza-se aproximadamente a 16 km da sede do município, sendo a primeira tributária do Rio Tambaú à jusante da foz do Ribeirão Taquaruçu. Está contida em terras da Fazenda Estiva do Jardim, e a exemplo das duas bacias anteriormente descritas, possui longos trechos de várzea às margens dos canais de terceira ordem, evidenciando a influência da proximidade do Rio Pardo, situada a cerca de 12 km à jusante. A diferença no nível de base entre esse ponto do Rio Tambaú e a sua foz, no Rio Pardo, é de cerca de 25 metros.

Declividade média de encosta: 3%.

Vegetação natural: vegetação de várzea, matas e campos.

Uso atual da terra: arroz (nas baixadas), cana e pastagem.

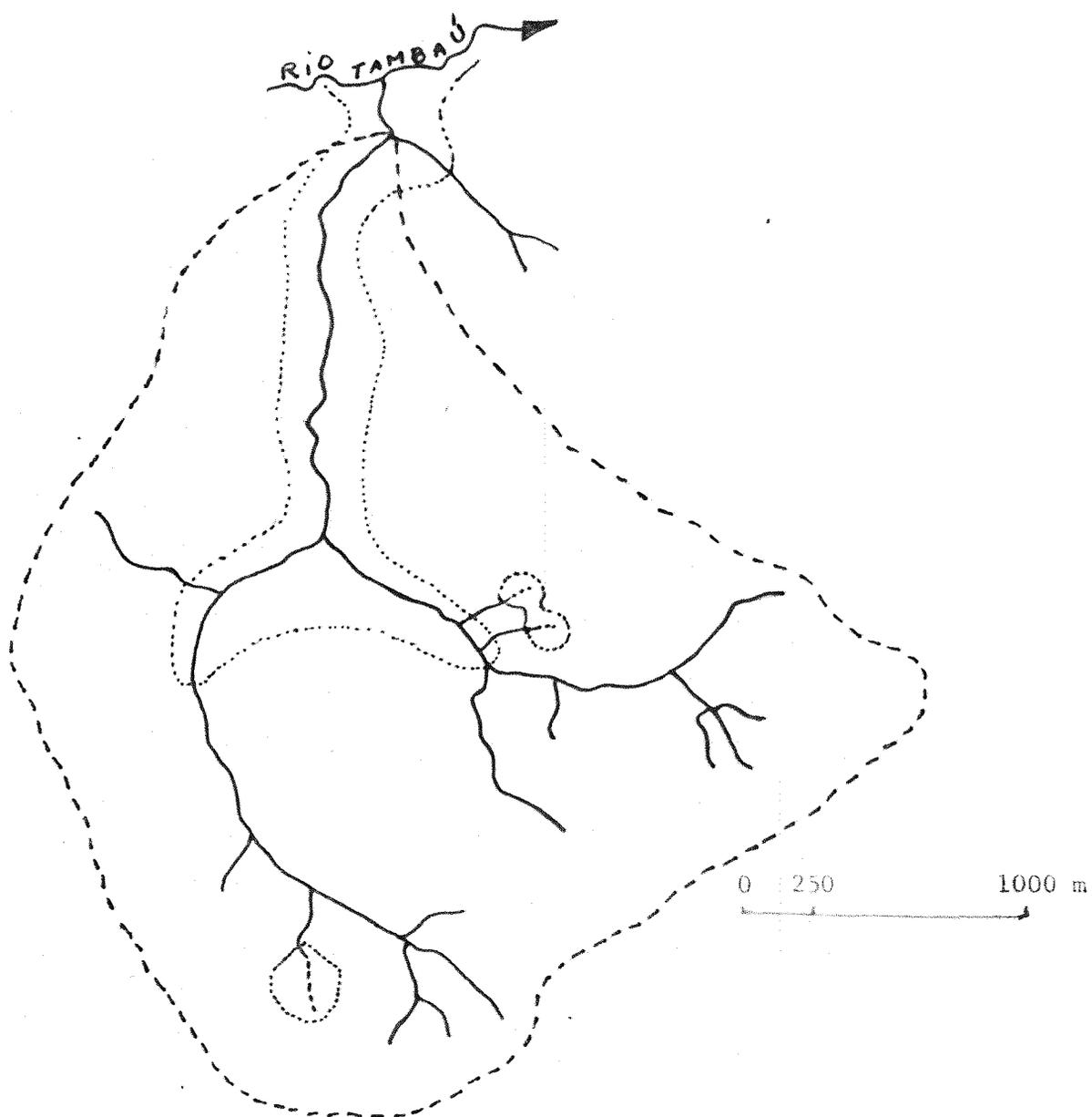


Figura 16 - Bacia hidrográfrica LR-5.

c) Solo Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras

A bacia hidrográfica Ls-1, representada na Figura 17, localiza-se a aproximadamente 15 km (em linha reta) a Sudoeste da sede do Município de Tambaú e é tributária, pela margem esquerda, do Rio Claro, desaguando neste a 1,5 km a jusante da Represa de São Valentim. Está em terras da Fazenda São Valentim.

Declividade média de encosta: 16%.

Vegetação natural: matas e cerrado.

Uso atual da terra: algodão.

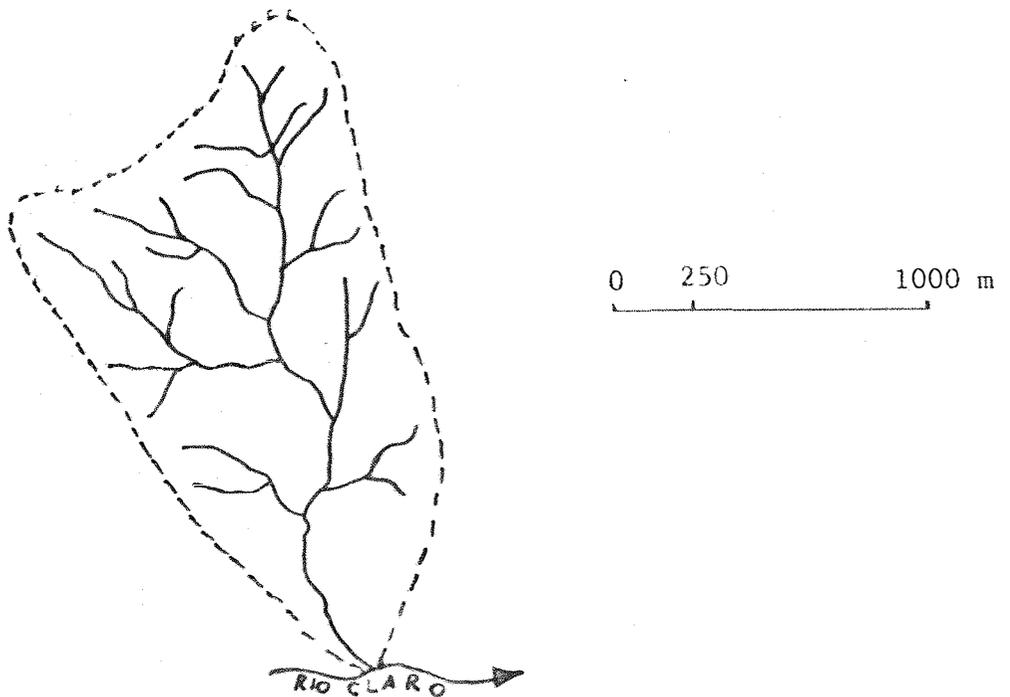


Figura 17 - Bacia hidrográfica Ls-1.

A bacia hidrográfrica Ls-2, representada na Figura 18, localiza-se a cerca de 12 km a Sudoeste de Tambaú, na Fazenda Santa Elisa, é afluente do Rio Claro pela esquerda, a 4 km à montante da Represa de São Valentim.

Declividade média de encosta: 14%.

Vegetação natural: matas e cerradão.

Uso atual da terra: algodão, citros e pastagens.

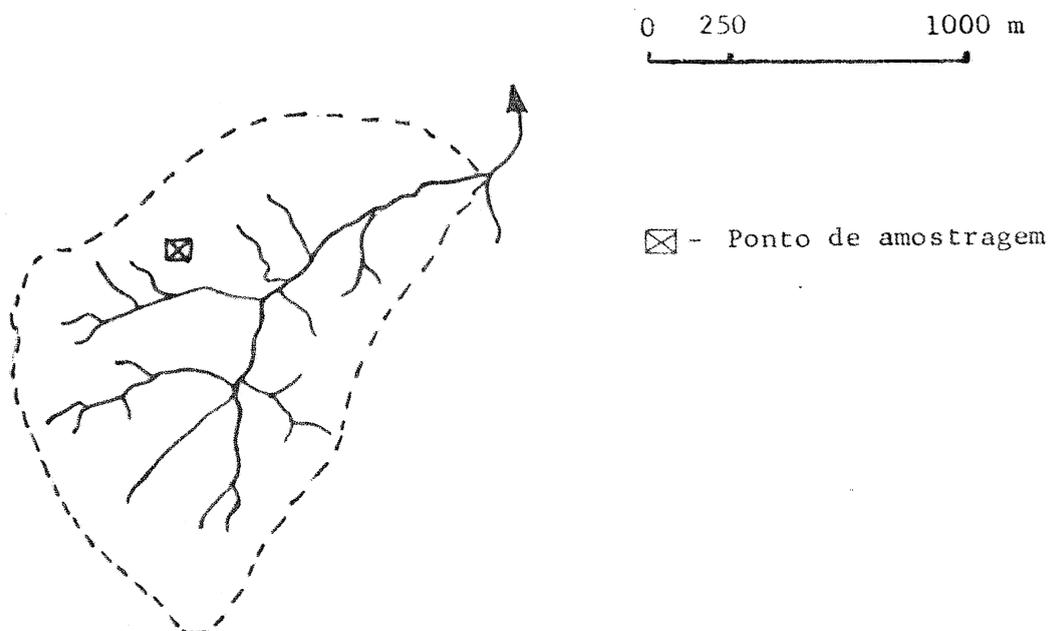


Figura 18 - Bacia hidrográfrica Ls-2.

A bacia hidrográfrica Ls-3, representada na Figura 19, localiza-se ao lado da Ls-2, possui características semelhantes às daquela e desagua no Rio Claro, 2 km à montante da mesma.

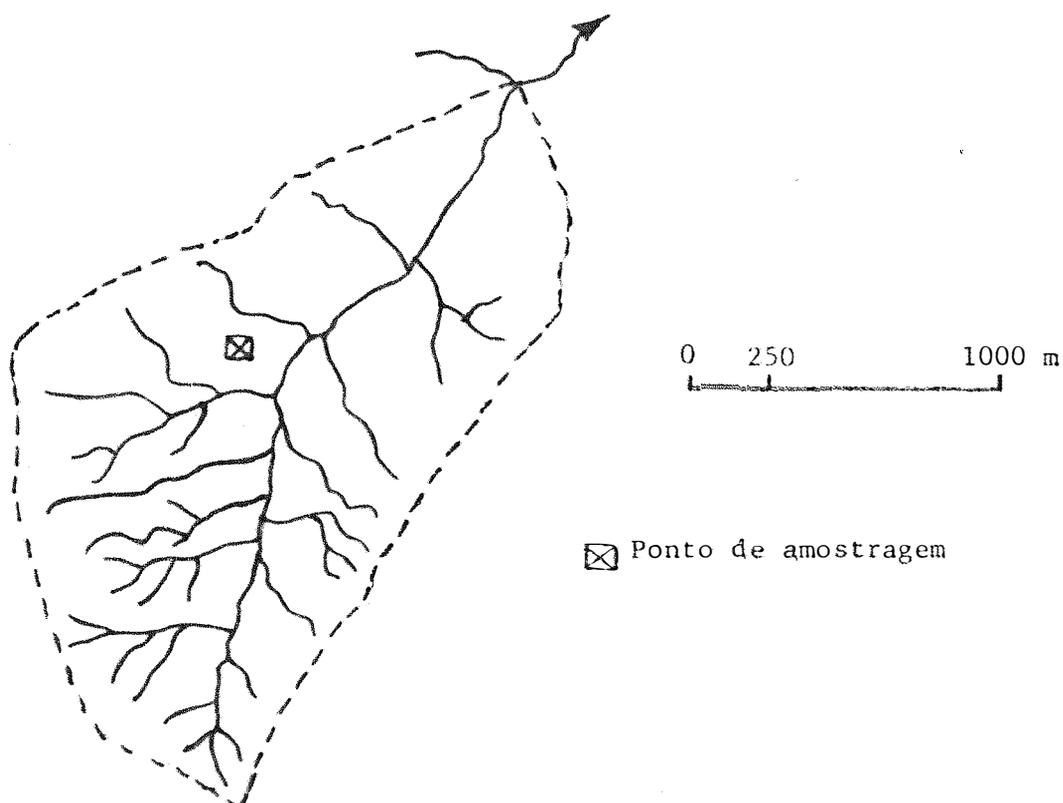


Figura 19 - Bacia hidrográfrica Ls-3.

A bacia hidrográfrica Ls-4, representada na Figura 20, situa-se a 5 km a Sudoeste da sede do município, à direita da estrada velha de Tambaú a Santa Rita do Passa Quatro, altura do Km 8. É tributária do Córrego Belo Horizonte pela margem direita e faz parte da Fazenda Boa Vista.

Declividade média de encosta: 15%.

Vegetação natural: mata.

Uso atual da terra: reflorestamento e pastagem.

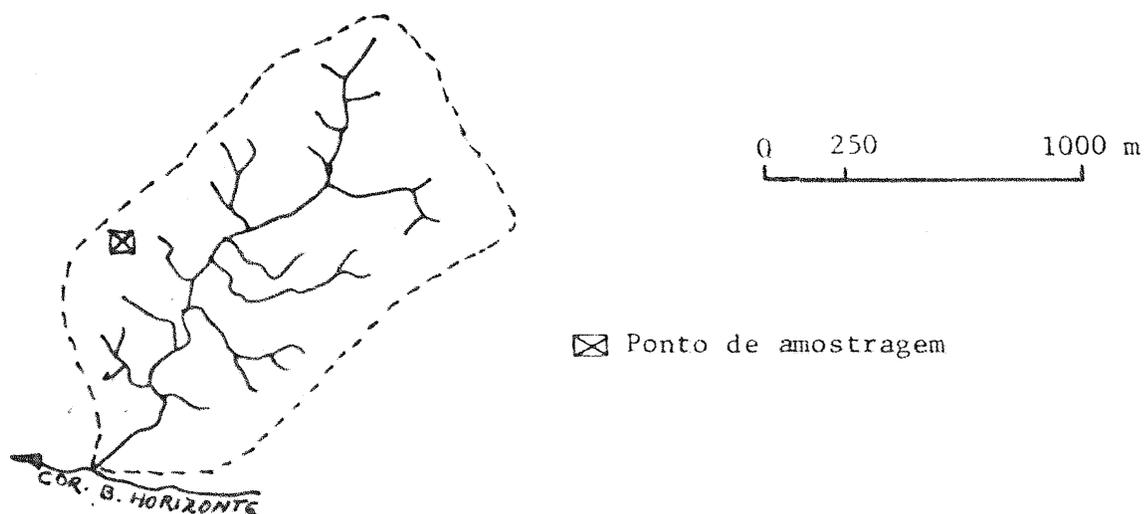


Figura 20 - Bacia hidrográfrica Ls-4.

A bacia hidrográfrica Ls-5, representada na Figura 21, localiza-se a aproximadamente 3,5 km ao Sul da cidade. É a primeira tributária do Rio Tambaú, tendo o divisor de águas do lado oeste comum ao da cabeceira de drenagem do referido rio. Situa-se na Fazenda da Lapa.

Declividade média de encosta: 14%.

Vegetação natural: cerradão.

Uso atual da terra: pastagem e reflorestamento.

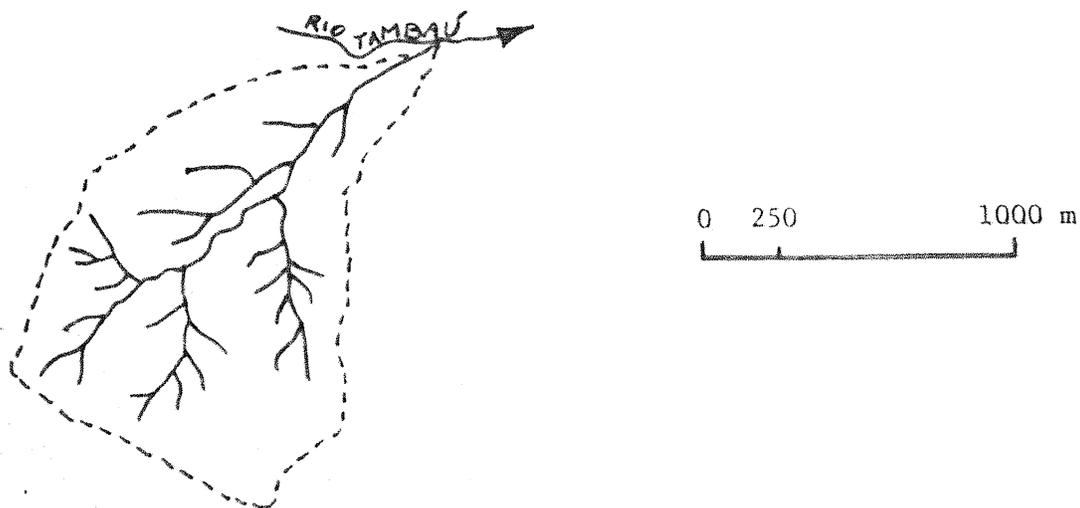


Figura 21 - Bacia hidrográfrica Ls-5.

3.1.6.2 - Amostras circulares

Além de bacias hidrográficas, foram utilizadas amostras circulares, visando a comparação dos resultados obtidos na análise pelos dois processos de amostragem.

O sistema de amostragem circular tem sido utilizado em diversos trabalhos de fotointerpretação aplicada a solos, entre os quais devem ser citados o de FRANÇA (1968), por ter sido o pioneiro em condições brasileiras e o de SOUZA (1975), por incluir o estudo de índices utilizados, anteriormente, apenas para bacias hidrográficas.

KOFFLER (1976b) e GARCIA e ESPÍNDOLA (1980), estudando a viabilidade de se variar o tamanho das amostras circulares, concluíram ser possível diminuir sua área em proporção inversa à densidade de drenagem. Para o fim ao qual se destina o presente trabalho, entretanto, decidiu-se padronizar o tamanho das amostras a 10 km² para todas as unidades de mapeamento, conforme o procedimento sugerido por RAY e FISCHER (1960) e adotado por FRANÇA (1968).

As amostras circulares utilizadas são representativas das três unidades de mapeamento estudadas, por terem sido demarcadas em áreas típicas de ocorrência desses solos, previamente identificadas. As áreas delimitadas por linha pontilhada representam zonas úmidas e com baixo grau de integração.

a) Latossol vermelho escuro orto

As amostras circulares representativas desta unidade de mapeamento estão ilustradas nas Figuras 22 a 27.

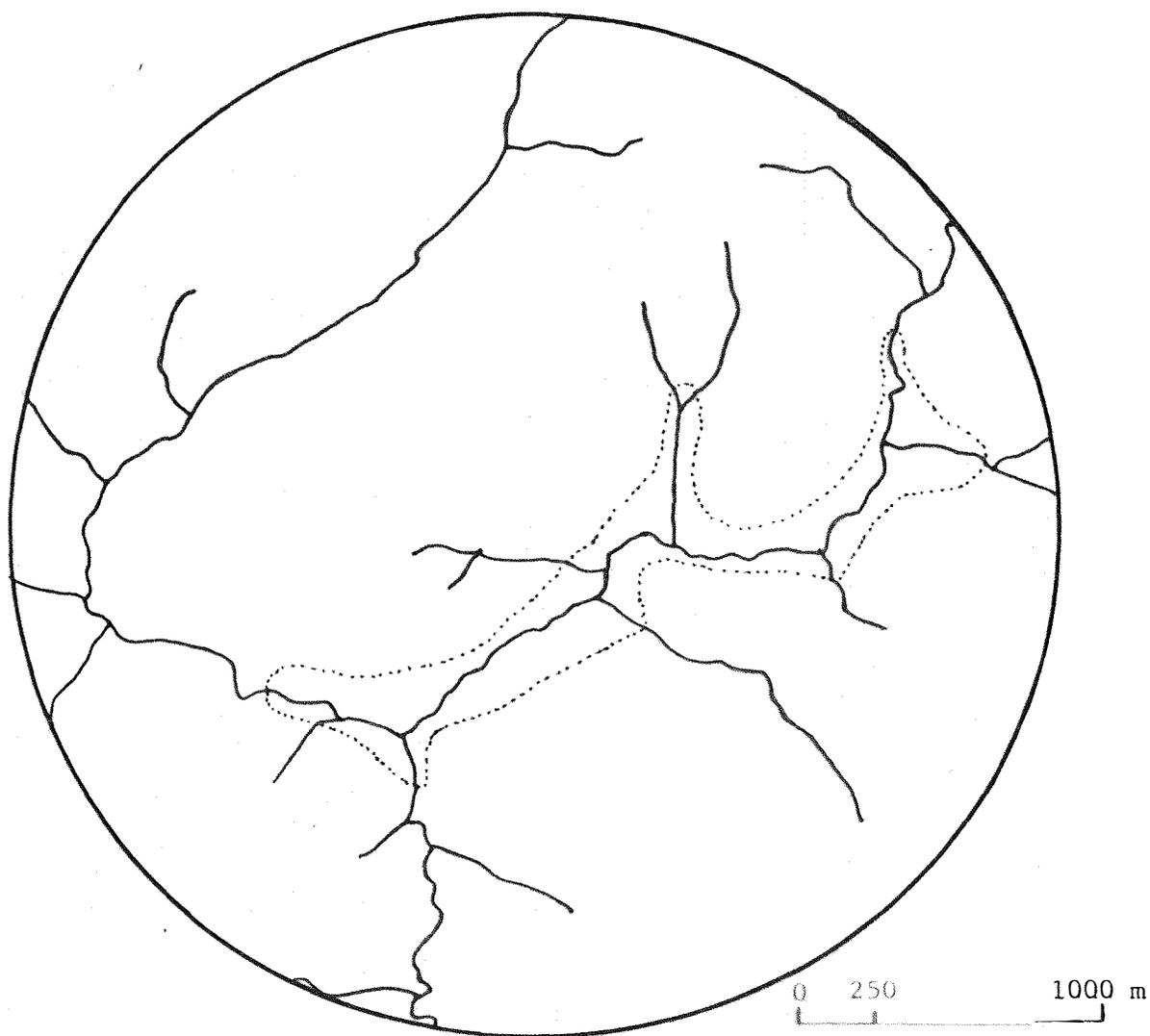


Figura 22 - Amostra circular CE-1.

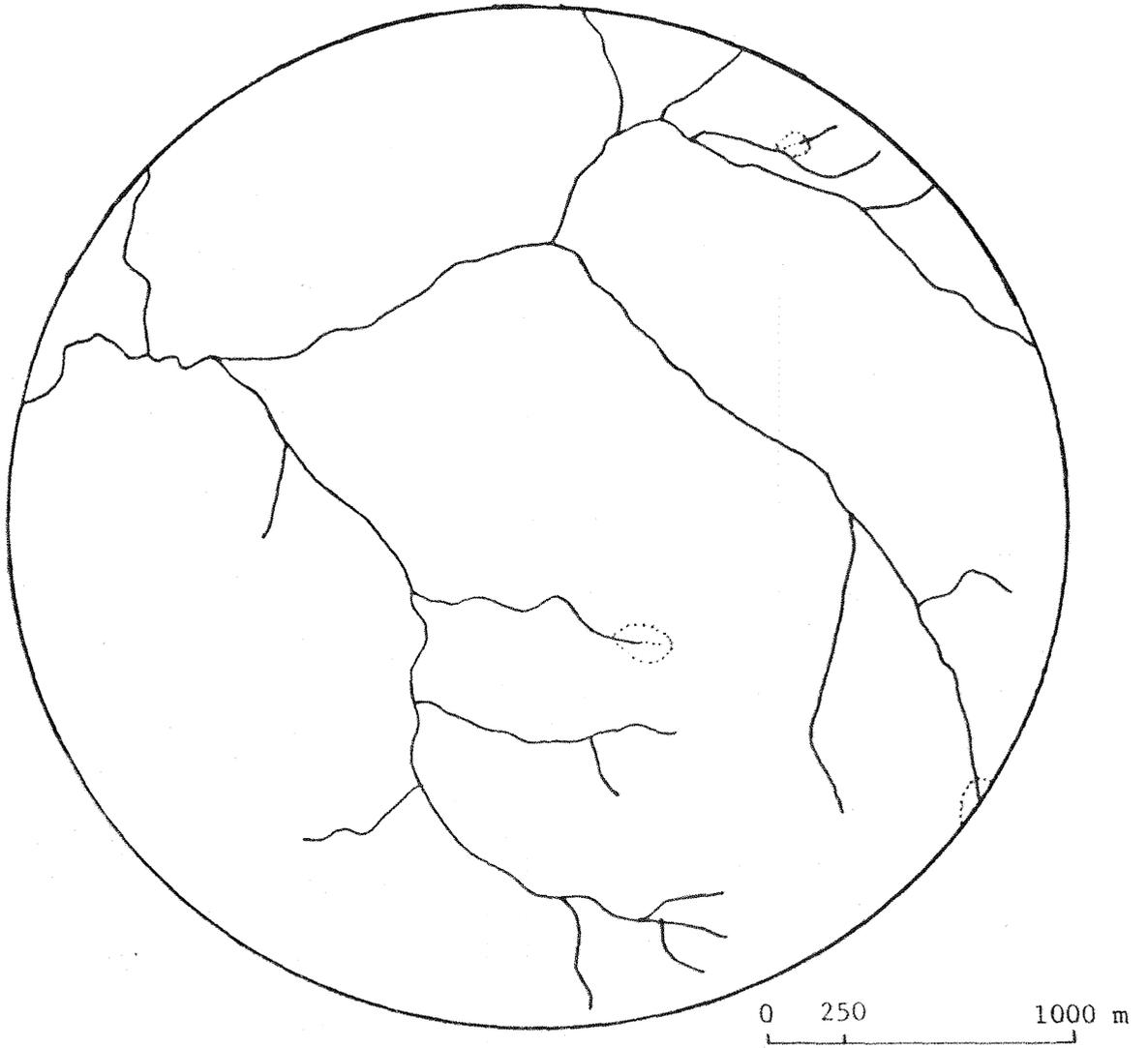


Figura 23 - Amostra circular CE-2.

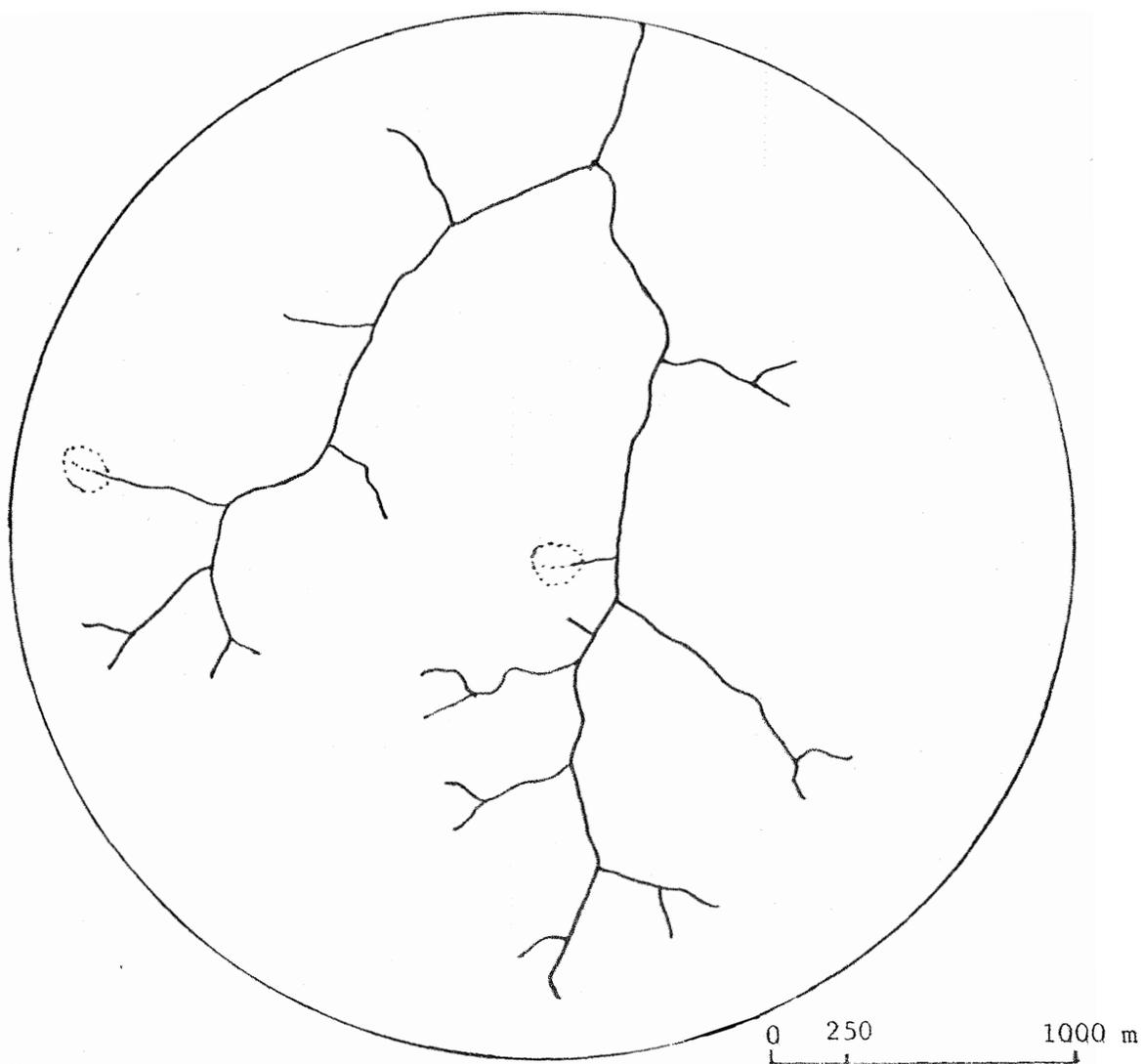


Figura 24 - Amostra circular CE-3.

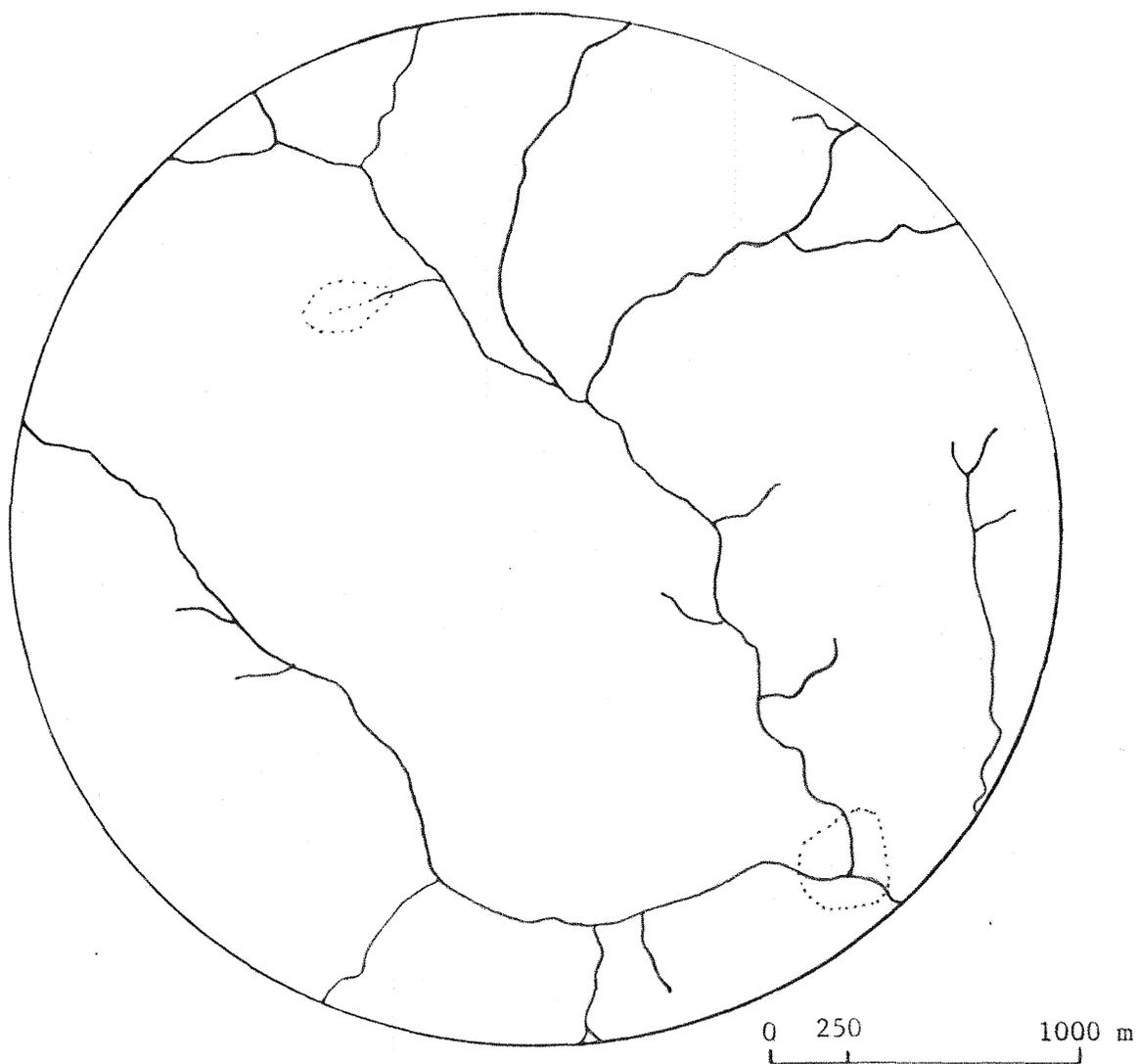


Figura 25 - Amostra circular CE-4.

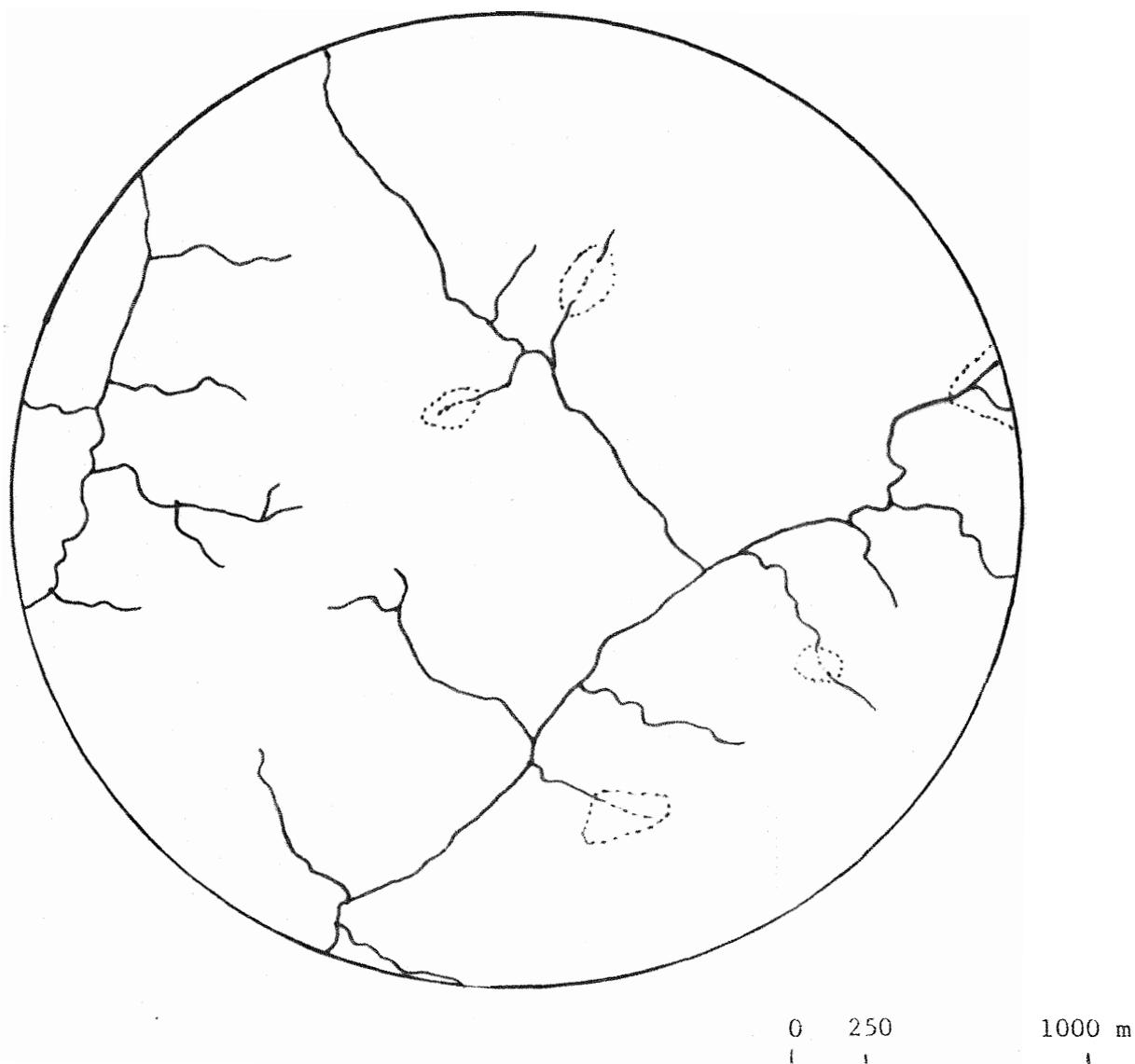


Figura 26 - Amostra circular CE-5.

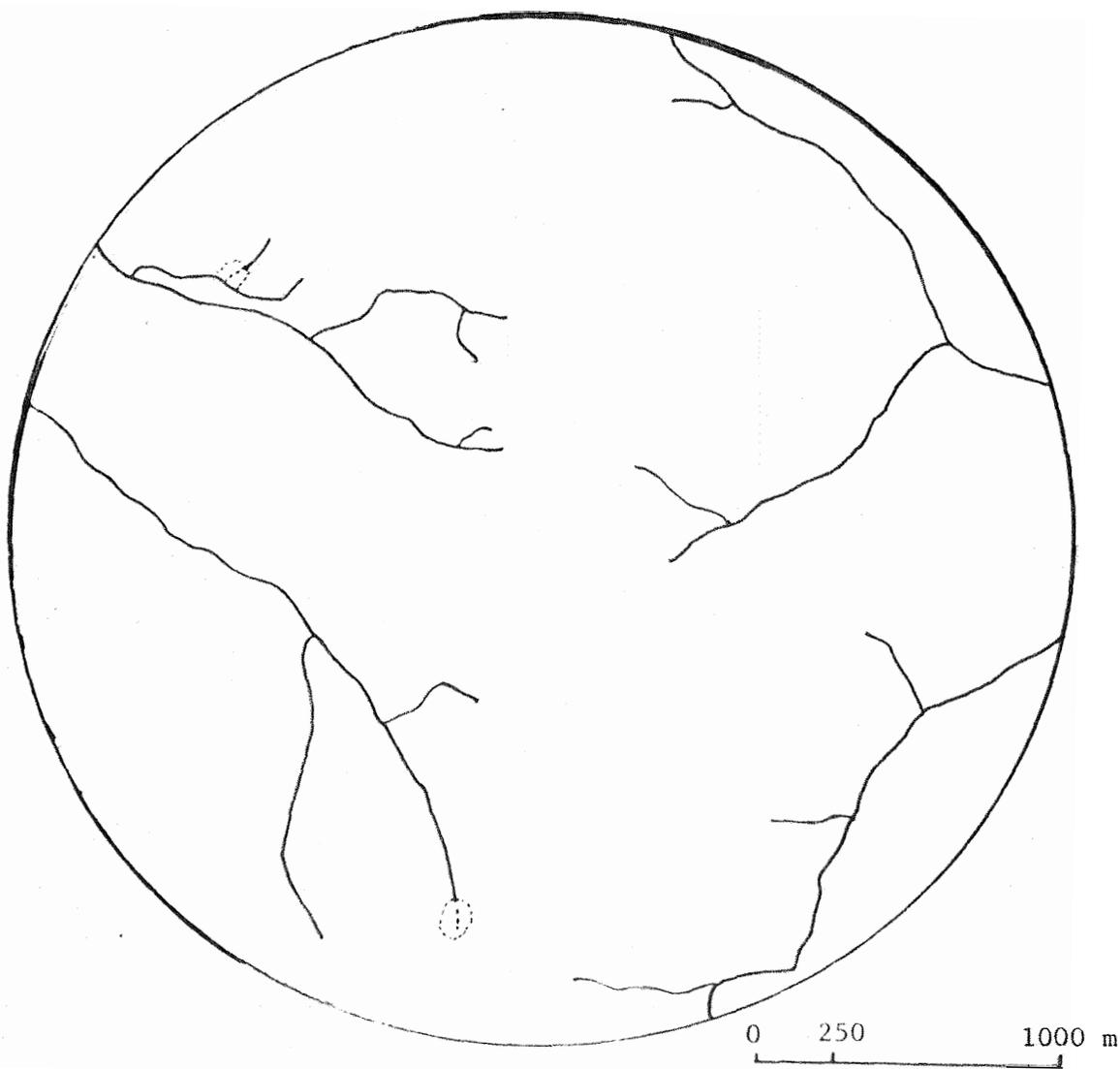


Figura 27 - Amostra circular CE-6.

b) Latossol roxo equivalente eutrófico

As amostras circulares representativas desta unidade de mapeamento estão ilustradas nas Figuras 28 a 31.

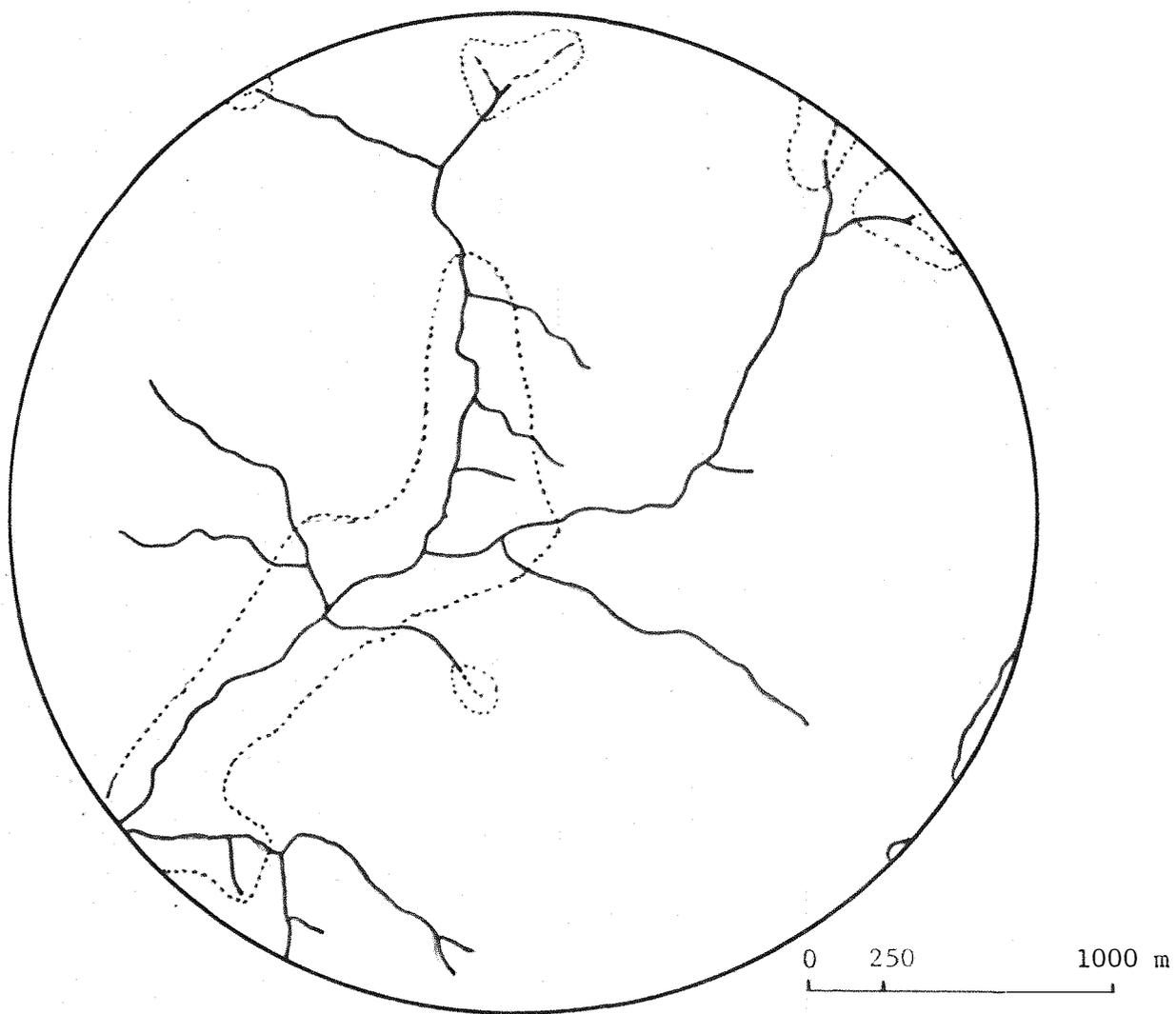


Figura 28 - Amostra circular CR-1.

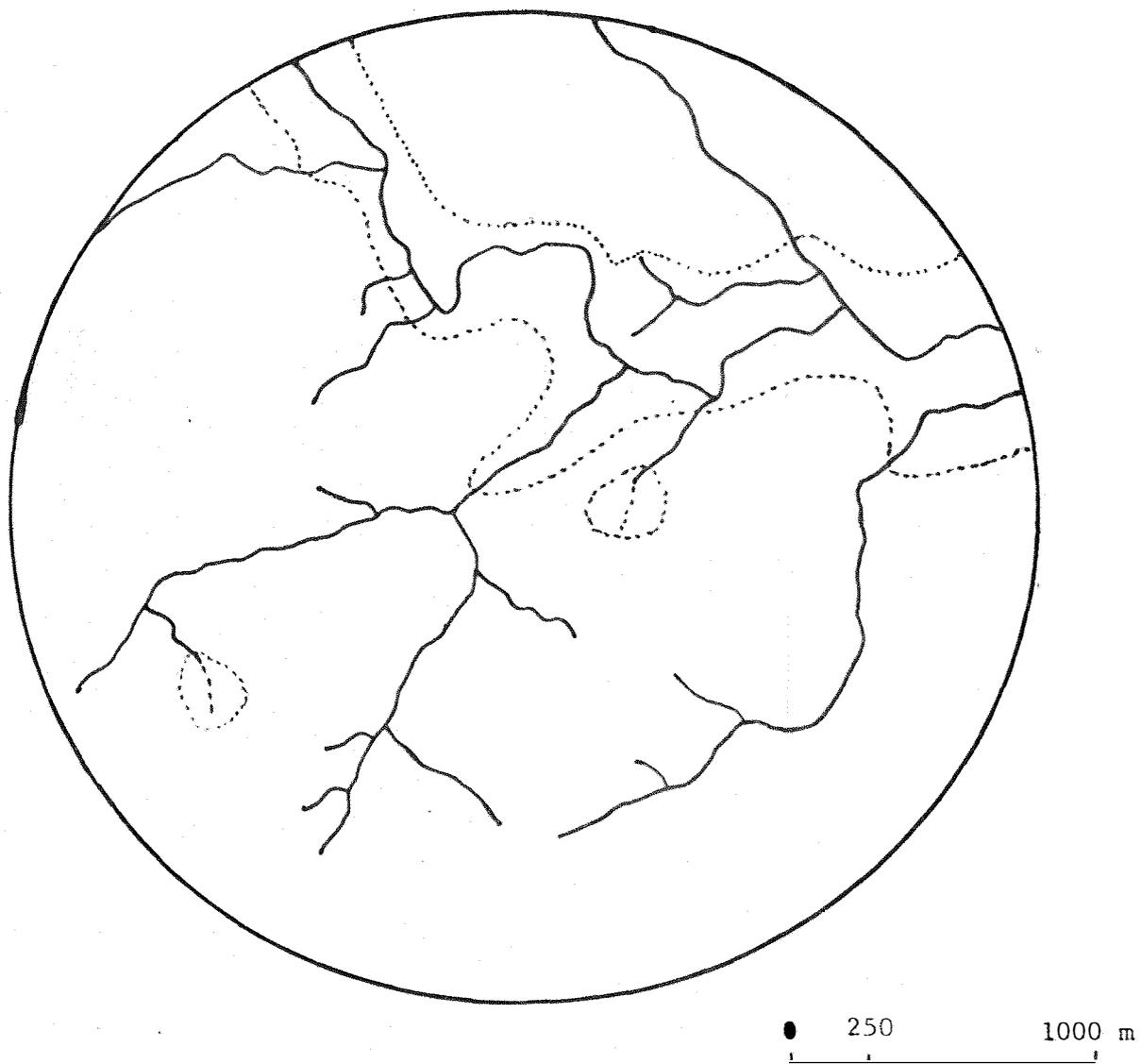


Figura 29 - Amostra circular CR-2.

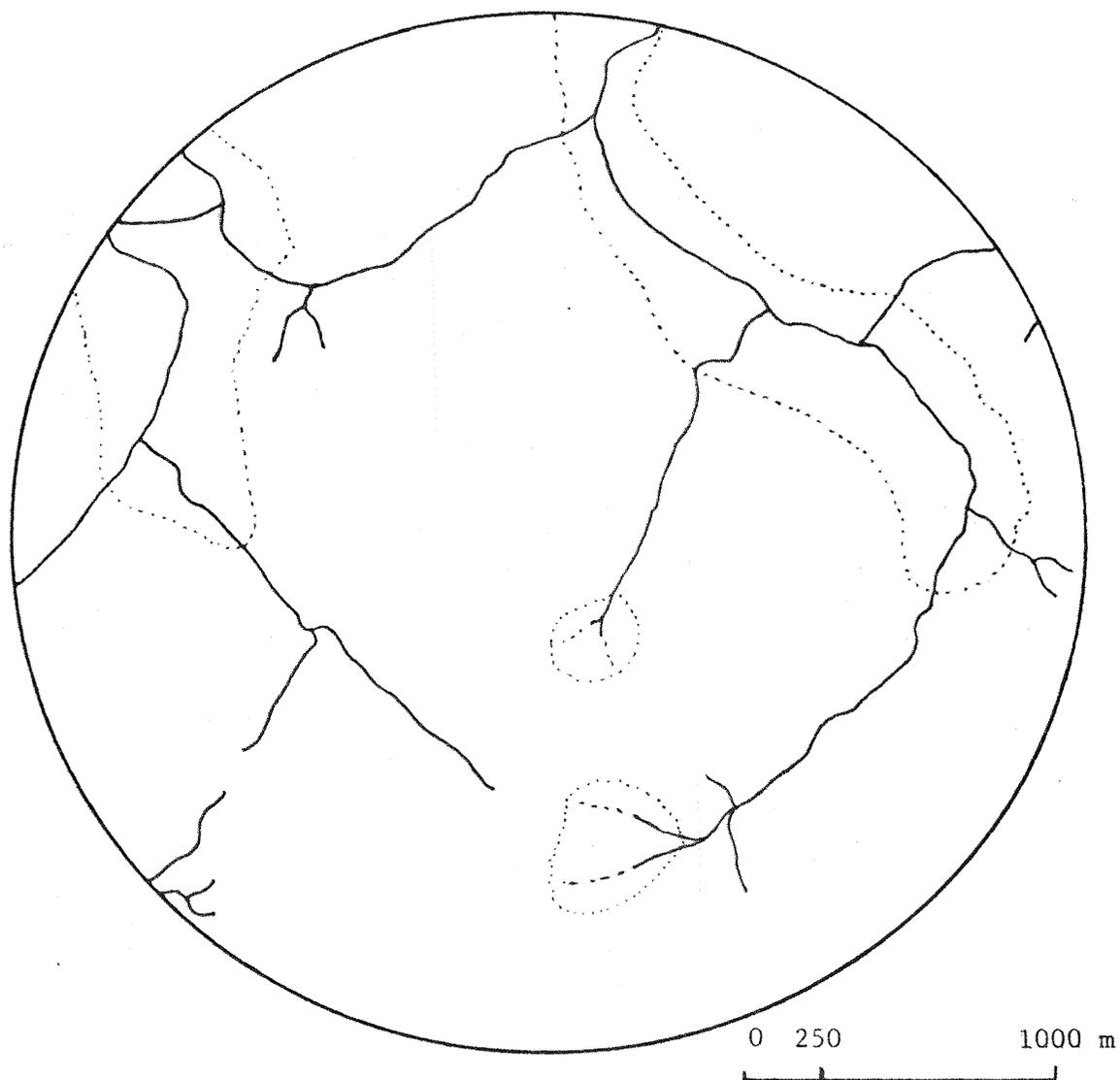


Figura 30 - Amostra circular CR-3.

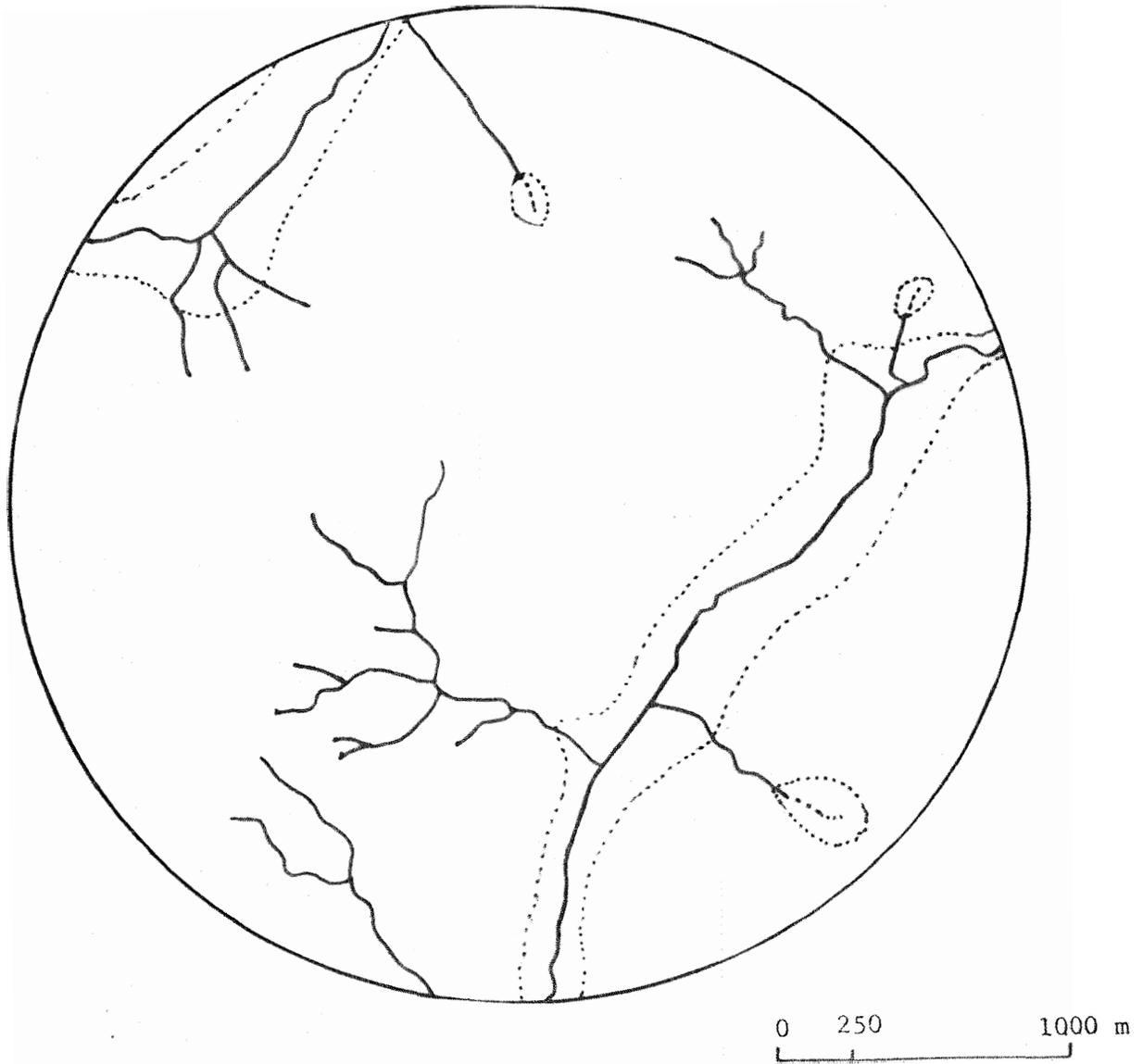


Figura 31 - Amostra circular CR-4.

c) Solo podzólico vermelho-amarelo variação Laras

As amostras circulares representativas desta unidade de mapeamento estão ilustradas nas Figuras 32 a 35.

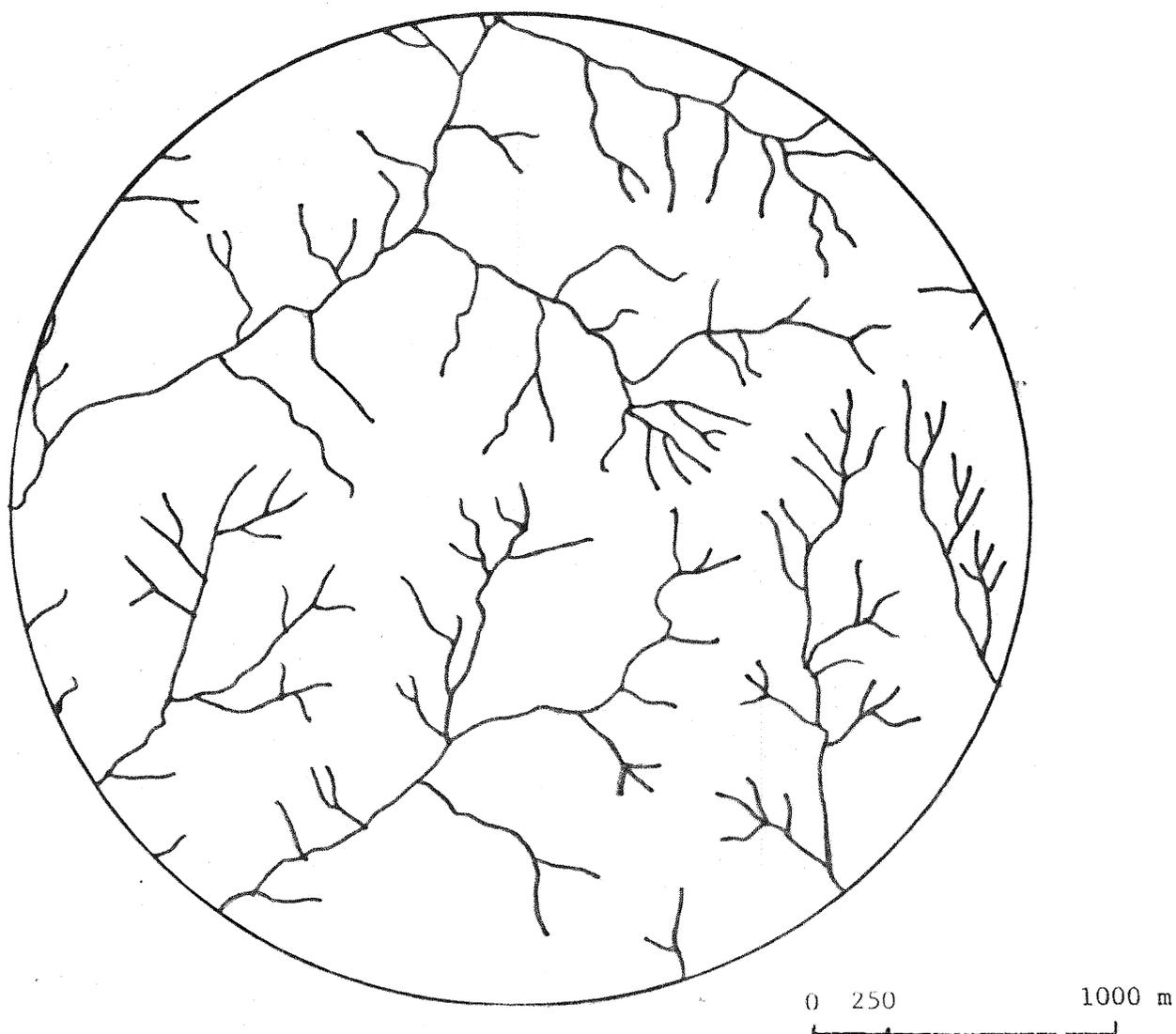


Figura 32 - Amostra circular Cls-1.

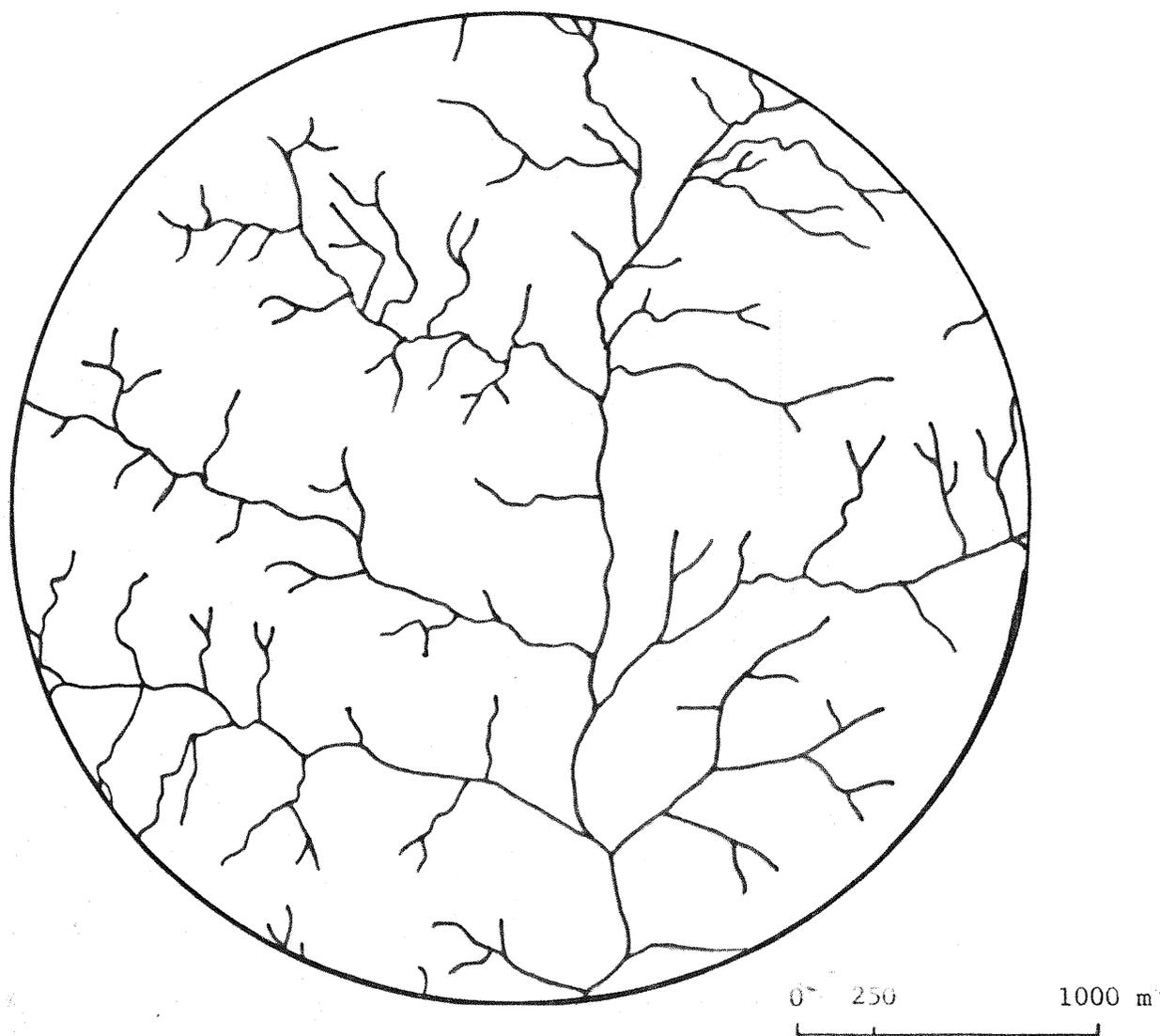


Figura 33 - Amostra circular Cls-2.

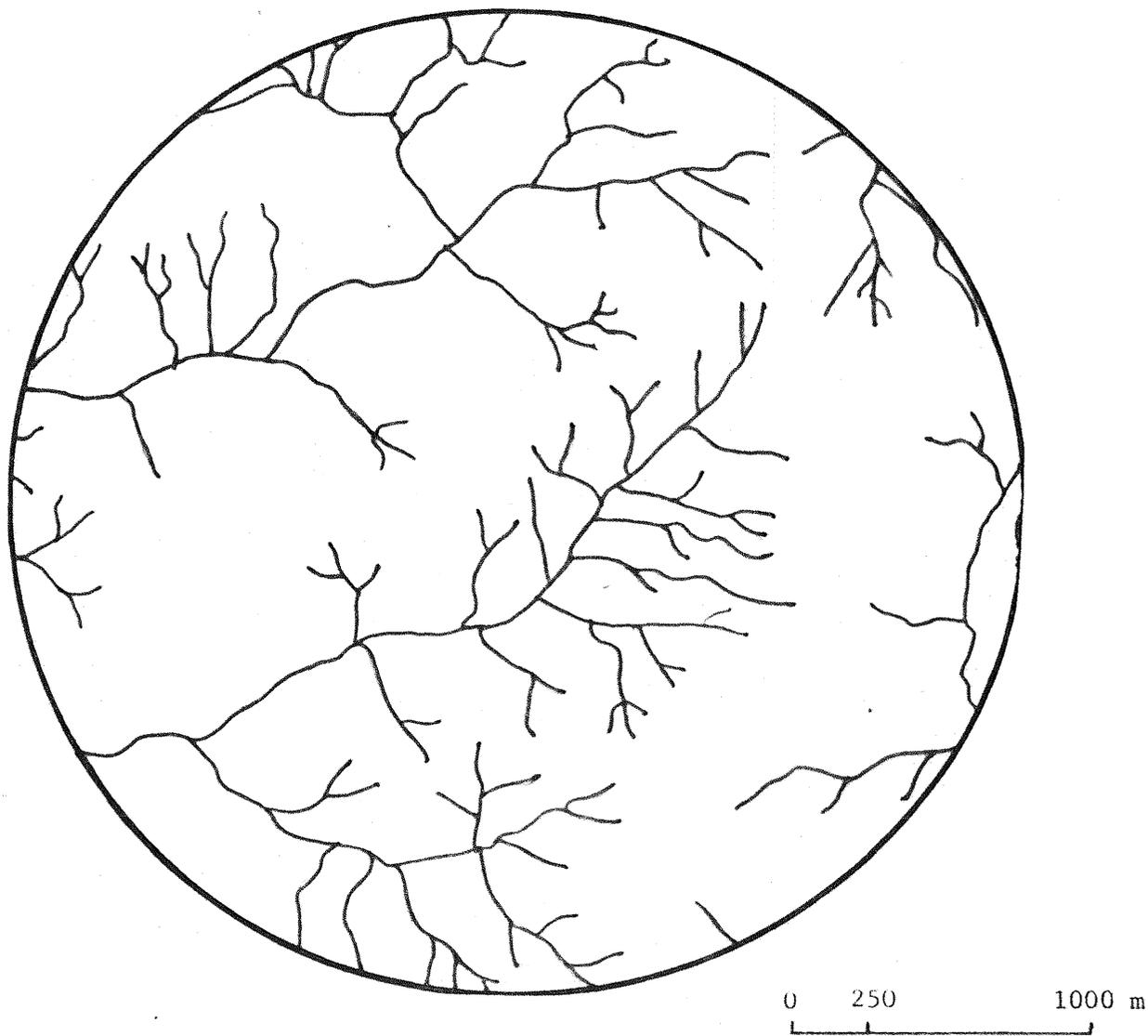


Figura 34 - Amostra circular Cls-3.

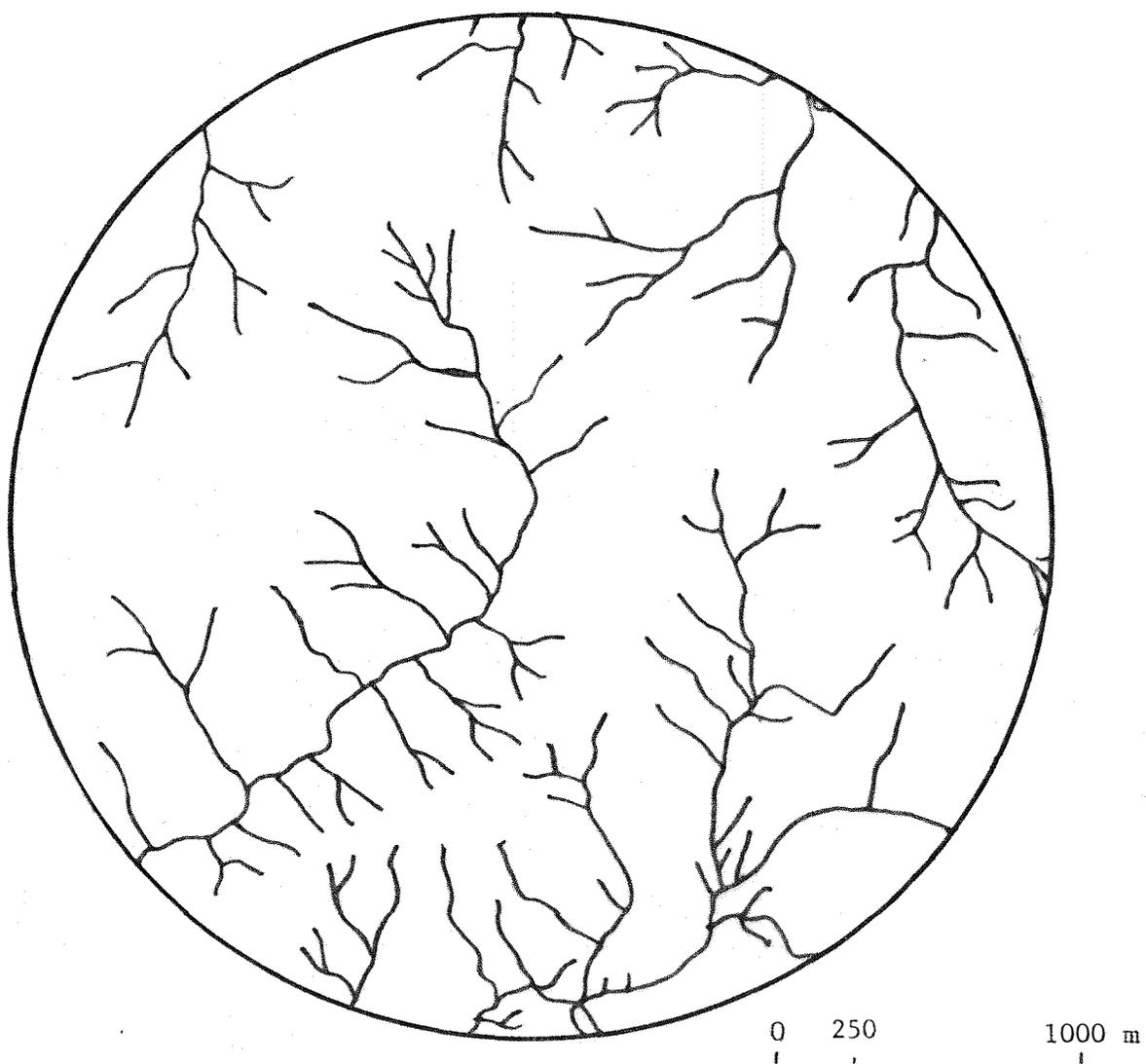


Figura 35 - Amostra circular Cls-4.

3.1.7 - Material fotográfico

Para o traçado da rede de drenagem, foram utilizadas fotografias áreas verticais do levantamento aerofogrfico de 1972, executado por Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A., para o IBC-GERCA (Instituto Brasileiro do Café - Grupo Executivo de Racionalizao da Cafeicultura). As cópias empregadas nessa fase do trabalho pertencem  Seo de Fotointerpretao do Instituto Agronômico de Campinas e apresentam as seguintes características:

1. Escala aproximada: 1:25.000.
2. Formato: 23 cm x 23 cm.
3. rea abrangida por fotografia: aproximadamente 33 km².
4. Recobrimento entre fotos: $\left\{ \begin{array}{l} \approx 60\% \text{ na faixa de vo.} \\ \approx 30\% \text{ entre faixas adjacentes.} \end{array} \right.$
5. Data de tomada das fotografias na região: agosto de 1971 a janeiro de 1972.

A localizao das fotografias na área de interesse foi conseguida através de exame do fotondice da região. Foram utilizados para o mapeamento 50 pares estereoscópicos.

3.1.8 - Material técnico

Para o exame estereoscópico dos pares de fotografias foram utilizados:

- Estereoscópio de reflexão marca Wild, modelo ST-4.
- Estereoscópio de bolso marca Vasconcellos.

As medições lineares sobre o mapa básico foram executadas com curvímetro marca "Derby" ou escala comum. A medição de áreas foi executada com planímetro polar marca Amsler.

Foram utilizados também outros artefatos simples de desenho e medição, quando necessário.

3.2 - Métodos

3.2.1 - Seleção da área de estudo

Com base nos princípios de FROST (1960), de que solos semelhantes apresentam padrões semelhantes e de que solos diferentes exibem padrões diferentes, desde que submetidos a condições climáticas semelhantes, escolheu-se uma área na região de Tambaú (SP), onde esses requisitos são satisfeitos.

De acordo com a Carta de Solos do Estado de São Paulo (COMISSÃO DE SOLOS, 1960a) e o Atlas Climático e Ecológico (SETZER, 1966), a área selecionada apresenta, predominantemente, dois solos com horizonte B latossólico - Latossol Vermelho Escuro orto

e Latossol Roxo equivalente eutrófico – e outro com horizonte B textural – Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, sendo o clima do tipo Cwa.

A seguir, procurou-se localizar, através de fotoíndices da região, as fotografias aéreas que recobrissem as áreas contendo as informações desejadas, isto é, porções representativas das unidades de solo morfogeneticamente diferentes, refletindo padrões de drenagem distintos na imagem fotográfica. A pré-seleção dos locais de amostragem foi feita segundo o método de "pesquisa lógica", preconizado por RABBEN (1960), visando agilizar o trabalho de levantamento e obter informações mais consistentes. Apesar de ter sido mapeada toda a rede de drenagem da área de interesse, o método de pesquisa lógica foi empregado na fase de seleção das amostras.

3.2.2 - Montagem do mapa de drenagem

Foram colocadas sobre fotografias alternadas de uma mesma faixa, folhas de poliéster transparente, cortadas de modo a recobri-las totalmente. Sob exame estereoscópico, decalcou-se todos os canais de drenagem, permanentes e temporários, desde que fizessem parte funcional do sistema de drenagem, conforme procedimento adotado por FRANÇA (1968).

Também foram marcadas as áreas úmidas, indicadoras de rede pouco integrada, conforme LUEDER (1959). Foram demarcados tam-

bem os divisores de águas das bacias de terceira ordem, segundo o Sistema Americano modificado por STRAHLER (1957).

Em cada folha de poliéster, foram assinalados objetos ou pontos identificáveis nas imagens limítrofes, dentro da área útil, ou seja, o terço central vertical das fotografias, pontos esses aqui denominados "de amarração", comuns a duas fotos consecutivas na mesma faixa e também entre faixas de voo adjacentes. Esses pontos, unidos perimetralmente entre si por linhas retas, formaram um retângulo delimitando a área útil da fotografia e foram utilizados na montagem do mapa básico de drenagem, abrangendo toda a área de interesse. Esse procedimento possibilitou a confecção de um mapa final, no qual foram abrandadas as distorções de escala que sempre ocorrem nas margens da fotografia, distorções essas originadas pelo tipo de projeção da câmara (projeção cônica). Esse processo de restituição é uma variação do método de "matchlines", descrito por SOIL SURVEY STAFF (1962).

Na fase seguinte do trabalho, o mapa de drenagem, com posto sobre a folha de poliéster, foi heliografado, o que facilitou sobremaneira a amostragem e as verificações no campo. A área mapeada representa um retângulo com aproximadamente 20 km de largura por 30 km de comprimento, perfazendo uma superfície total de cerca de 600 km² ou 60.000 hectares.

3.2.3 - Seleção das amostras

3.2.3.1 - Bacias hidrográficas

Após o reconhecimento das unidades de mapeamento e sua delimitação sobre o mapa de drenagem, através da observação estereoscópica das fotografias aéreas, foram escolhidas várias amostras representativas dentro de cada unidade, de acordo com o método sugerido por STRAHLER (1952) e descrito por FRANÇA (1968).

Considerando-se os fatores ordem de ramificação, representatividade, forma aproximada e distribuição simétrica ou assimétrica da rede de drenagem pelas vertentes, estabeleceu-se comparações entre pares de bacias hidrográficas de uma mesma unidade de mapeamento, através das relações descritas a seguir:

$$\frac{\text{Maior comprim. bacia a}}{\text{Maior comprim. bacia b}} = c$$

$$\frac{\text{Maior largura bacia a}}{\text{Maior largura bacia b}} = \ell$$

$$\frac{\text{Perím. bacia a}}{\text{Perím. bacia b}} = p$$

$$\frac{\text{Compr. rio principal bacia a}}{\text{Compr. rio principal bacia b}} = cp$$

$$\frac{\text{Compr. total da rede bacia a}}{\text{Compr. total da rede bacia b}} = cr$$

$$\frac{c + \ell + p + cp + cr}{n} = R_m \text{ (razão média)}$$

(n=5)

$$\text{Relação entre áreas} = \frac{\text{Área bacia a}}{\text{Área bacia b}} = r$$

Considera-se que quanto mais próximos forem os valores $(R_m)^2$ e r , mais representativas serão as bacias comparadas (a e b). Em função disso, decidiu-se estabelecer a razão $\frac{(R_m)^2}{r}$, para as bacias comparadas duas a duas, aqui denominada "Razão de Equivalência", optando-se sempre, para análise, pelas bacias cujas Razões de Equivalência mais se aproximarem da unidade. Os valores obtidos pelas comparações das bacias hidrográficas em estudo são apresentados na Tabela 8, no capítulo "Resultados".

3.2.3.2 - Amostras circulares

Para a demarcação das amostras circulares procurou-se, conforme recomendações de NOGUEIRA (1979), uniformizar a amostragem, evitando-se, sempre que possível, incluir numa mesma amostra mais do que um tipo de solo e buscando-se abranger o maior número de canais de drenagem de ordens inferiores, de acordo com a classificação de HORTON (1945), modificada por STRAHLER (1957).

3.2.4 - Análise dos padrões de drenagem

A análise dos padrões de drenagem foi feita pelo "mêtodo de análise dos elementos". Todavia, em locais onde ocorreram deficiências de ordem metodológica para a distinção entre solos, ocasionadas por variações do padrão de drenagem, utilizou-se uma combinação desse método com os outros, descritos por GOOSEN (1968).

A análise qualitativa das redes de drenagem de bacias hidrográficas foi feita com base nas características sugeridas por LUEDER (1959), acrescidas do item "tipo ou modelo" segundo PARVIS (1950) e de possíveis anomalias dos padrões, introduzidas na descrição por RICCI e PETRI (1965).

Para as amostras circulares, utilizou-se o mesmo princípio, através de método desenvolvido por RAY e FISCHER (1960), adotado por FRANÇA (1968) e ampliado por SOUZA (1975).

Sobre o mapa básico de drenagem superficial foram feitas as seguintes medições e observações:

Para Bacias Hidrográficas:

- a) Maior comprimento: é a mais longa linha reta que une a foz da bacia à cabeceira de drenagem, paralelamente ao vale do rio principal. Medido com escala e expresso em km.
- b) Maior largura: medida com escala, perpendicularmente ao maior comprimento, no ponto em que os divisores de água estão mais afastados. É expressa em km.

- c) Comprimento do curso principal: é o comprimento do canal de ordem mais elevada, desde a foz da bacia até à cabeceira de drenagem, obedecendo às regras para classificação de rios (HORTON, 1945) (maior comprimento e menor ângulo de junção). Medido com curvímeter e expresso em km.
- d) Perímetro: é a medida do comprimento do divisor de águas da bacia considerada. Determinado com curvímeter e expresso em km.
- e) Área: é a medida da superfície da bacia, determinada com planímetro e expressa em km^2 .
- f) Número de canais de primeira ordem e número total (STRAHLER, 1957).
- g) Comprimento total da rede de drenagem: medido com curvímeter e expresso em km.
- h) Ordem de ramificação (STRAHLER, 1957): No presente caso, foram consideradas bacias de terceira ordem, conforme sugestão de FRANÇA (1968), para o estudo de solos.
- i) Forma aproximada: associa-se a forma superficial da bacia hidrográfica a figuras geométricas e dá-se à mesma a denominação da figura que dela mais se aproximar. Pode ser oval, triangular, trapezoidal, etc.

A partir dos dados determinados sobre as bacias hidrográficas, foram calculados os seguintes índices de drenagem:

- Densidade de drenagem (Dd): Fornece a extensão da rede de drenagem por unidade de área (HORTON, 1945) e é expressa em km/km^2 .
- Frequência de rios (F): expressa o número de rios por unidade de área (n/km^2).
- Razão de textura (T): é a relação entre o número de canais de primeira ordem e o perímetro da bacia, segundo a fórmula de SMITH (1950), modificada por FRANÇA (1968).
- Comprimento médio dos canais de drenagem superficial (Lm): expressa a relação entre o comprimento total e o número de canais de drenagem da bacia hidrográfica. Difere dos outros índices estudados por apresentar, de acordo com CHRISTOFOLETTI e CESAR (1978), uma correlação inversa, aumentando com a diminuição do número de canais. O comprimento médio de rios foi adaptado para o estudo de solos por FRANÇA (1968), da concepção original de RAY e FISCHER (1960) para estudos geológicos.
- Classe de textura topográfica: determinada conforme adaptação de FRANÇA (1968) da classificação de SMITH (1950), ao sistema métrico. Este índice tem a finalidade de expressar o espaçamento entre os canais de drenagem. É calculada pela média da razão de textura, ponderada em relação à área das bacias consideradas.

Para amostras circulares:

Nas amostras circulares foram determinados apenas o número de rios e o comprimento total da rede, de vez que a área e o perímetro são conhecidos e constantes. Da comparação dessas medidas, resultaram os seguintes índices:

- Densidade de drenagem (Ddc): calculada conforme HORTON (1945), com adaptação de RAY e FISCHER (1960).
- Frequência de rios (Fc): determinada conforme a fórmula de HORTON (1945), adaptada por SOUZA (1975) a amostras circulares.
- Comprimento médio dos canais de drenagem (Lmc): calculado para amostras circulares de forma semelhante à utilizada para bacias hidrográficas, conforme procedimento de KOFFLER (1976a, 1976b).
- Razão de textura (Tc): foi calculada segundo adaptação de SOUZA (1975) da definição de SMITH (1950), modificada por FRANÇA (1968) para utilização em trabalhos com solos.
- Classe de textura topográfica: foi determinada pela classificação de SMITH (1950), adaptada por FRANÇA (1968) ao sistema métrico.

3.2.5 - Análise estatística

3.2.5.1 - Teste de Kruskal-Wallis

Foi utilizado, neste trabalho de pesquisa, o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, sobre o qual faz-se necessária uma abordagem mais minuciosa, por ser pouco conhecido e utilizado em trabalhos de fotointerpretação aplicada a solos.

Segundo CAMPOS (1979), esse teste constitui-se em um competidor ou substituto do teste F do campo paramétrico, tendo por finalidade averiguar se k amostras independentes provêm de uma mesma população, de populações semelhantes ou ainda de populações distintas.

Admitindo-se K tratamentos, o teste permite averiguar se há diferença entre pelo menos dois deles, ou seja, testar as seguintes hipóteses:

$$H_0: t_1 = t_2 = \dots = t_k;$$

$$H_a: \text{pelo menos dois tratamentos diferem entre si.}$$

As pressuposições desse teste são:

- as n observações são todas independentes;
- dentro de uma dada amostra, todas as observações são provenientes de uma mesma população;
- as populações são aproximadamente da mesma forma e contínuas.

No presente trabalho, os tratamentos testados foram as diferenças no padrão de drenagem de três unidades de solos, classificadas a nível de fases ou variações de Grandes Grupos. Convencionou-se denominar esses tratamentos por S_1 , S_2 e S_3 , correspondendo às unidades Latossol Vermelho Escuro orto, Latossol roxo equivalente eutrófico e Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, respectivamente, para as características medidas em bacias hidrográficas e amostras circulares. Entre os tratamentos, as características testadas foram os índices Densidade de Drenagem, Frequência de Rios, Razão de Textura e Comprimento Médio de Canais de Drenagem Superficial.

Para cada característica, dentro de um mesmo sistema de amostragem (bacia hidrográfica ou amostra circular), procedeu-se à classificação conjunta das $N = \sum_{i=1}^k n_i$ observações, dando ordem 1 à menor delas e ordem N à maior. Nos casos onde ocorreram empates entre duas ou mais observações, o desempate foi feito considerando-se a média das ordens que seriam atribuídas se não houvesse empate.

Em seguida, para a aplicação do teste, calculou-se a estatística

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad ,$$

onde:

R_i é a soma das ordens atribuídas ao tratamento i , e

n_i é o número de observações para o tratamento i .

Para se testar, ao nível α de probabilidade, H_0 versus H_a , rejeita-se H_0 de $H > h$, onde

$$P_0(H \geq h) = \alpha$$

(α e h são obtidos na Tabela 14, em CAMPOS, 1979, página 318).

No caso de empates obtêm-se

$$H_1 = \frac{H}{C}$$

onde:

$$C = 1 - \frac{\sum_i^g T_i}{N^3 - N} \quad ;$$

g = número de grupos de empate;

$$T_i = t_i^3 - t_i;$$

t_i = número de observações empatadas no grupo i .

3.2.5.2 - Comparações múltiplas

Quando se rejeita H_0 no teste de Kruskal-Wallis, torna-se necessário localizar onde ocorreram as diferenças significativas.

Utiliza-se, então, o método de comparações múltiplas, que consiste em confrontar os tratamentos dois a dois.

Assim, são considerados os $\frac{k(k-1)}{2}$ pares de tratamentos e determinada, para cada par, a diferença

$$| \bar{R}_i - \bar{R}_j | \quad \text{com } i=1,2,\dots,k-1 \\ \text{e } j=i+1,\dots,k$$

$$\text{onde } \bar{R}_i = \frac{R_i}{n_i} \quad \text{e} \quad \bar{R}_j = \frac{R_j}{n_j} ;$$

R_i e R_j representam a soma das ordens atribuídas, respectivamente, aos tratamentos i e j na classificação conjunta das N observações referentes aos k tratamentos;

n_i e n_j são os números de repetições dos tratamentos i e j , respectivamente.

A uma taxa de erro experimental α , admite-se

$$t_i \neq t_j \quad \text{se} \quad | \bar{R}_i - \bar{R}_j | \geq \Delta$$

onde

$$\Delta = \text{d.m.s.} = \sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \cdot \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right) \cdot h}$$

h : limite dado pela Tabela 14 do teste de Kruskal-Wallis, encontrada em CAMPOS (1979), página 318.

3.2.5.3 - Teste de correlação de Kendall

Para se medir o grau de dependência entre as características Densidade de Drenagem, Frequência de Rios, Razão de Textura e Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial, tomadas duas a duas, foi utilizado o teste de correlação de Kendall, não-pa

ramétrico.

Esse teste consiste em, considerando-se os n pares de observações (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , ..., (X_n, Y_n) , determinar a estatística K que é o número de pares concordantes, ou seja, número de casos em que

$$(X_i - X_j) (Y_i - Y_j) > 0 \quad \begin{array}{l} i=1,2,\dots,n-1 \\ j=1,2,\dots,n \end{array}$$

As hipóteses testadas ao nível α de significância são:

a) $H_0: \tau = 0$ versus $H_a: \tau > 0$

onde τ é o coeficiente de correlação

Rejeita-se H_0 se:

$$K \geq \frac{n(n-1)}{2} - k(\alpha, n)$$

onde

$$P_0 \left| K \geq \frac{n(n-1)}{2} - k(\alpha, n) \right| = P_0 \left| K \leq k(\alpha, n) \right| = \underline{\alpha}$$

Os valores de $k(\alpha, n)$ são encontrados na Tabela 12, página 314, em CAMPOS (1979).

b) $H_0: \tau = 0$ versus $H_a: \tau < 0$

Rejeita-se H_0 se

$$K \leq k(\alpha, n)$$

Além disso, determinou-se, ainda, a estimativa de

$$\hat{\tau} = \frac{4\kappa}{n(n-1)} - 1$$

e seu intervalo de confiança, com o respectivo coeficiente $(1-\alpha)$

$$\hat{\tau} \pm d ,$$

onde

$$d = \frac{2 \hat{\sigma} z_{\alpha/2}}{n(n-1)}$$

$$\hat{\sigma}^2 = 4 \sum_{i=1}^n C_i^2 - 2 \sum_{i=1}^n C_i - \frac{2(2n-3) \left(\sum_{i=1}^n C_i \right)^2}{n(n-1)}$$

C_i = número de pares concordantes com o par (X_i, Y_i) ;

$z_{\alpha/2}$ = limite inferior da distribuição normal, encontrado na Tabela 1, página 257, em CAMPOS (1979).

3.2.5.4 - Médias, variâncias e estimativas por intervalo

Dando prosseguimento à análise dos resultados, determinou-se a média aritmética, a variância e a estimativa por intervalo das características estudadas, utilizando-se as fórmulas seguintes, de acordo com PIMENTEL GOMES (1963).

- Média aritmética:
$$\hat{m} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\text{- Variância: } s^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}$$

$$\text{- Erro-padrão da média: } s(\hat{m}) = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$\text{- Estimativa por intervalo: } m \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$$

3.2.5.5 - Comparação entre sistemas de amostragem

Como complementação, foram determinadas as variações percentuais das médias obtidas para os índices de drenagem, dentro de cada unidade de solo.

Tais variações foram medidas através da comparação de cada média com o respectivo erro-padrão, pela fórmula

$$V = \frac{\frac{s}{\sqrt{n}}}{\hat{m}} \times 100 ,$$

visando definir qual dos sistemas de amostragem apresentou resultados mais consistentes.

4. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentadas as características dimensionais, não dimensionais e descritivas das bacias hidrográficas e amostras circulares, representativas das três unidades de solo em estudo.

São também mostrados os dados obtidos na análise do padrão de drenagem e os níveis de significância determinados na análise estatística, bem como o estudo da amplitude das médias, utilizado para determinar qual dos sistemas de amostragem apresentou menor dispersão dos dados.

4.1 - Características das Bacias Hidrográficas

4.1.1 - Características não dimensionais

Na Tabela 6 são apresentadas algumas características não dimensionais observadas nas bacias hidrográficas selecionadas para análise.

4.1.2 - Características dimensionais

As características dimensionais determinadas nas bacias hidrográficas em estudo são apresentadas na Tabela 7.

4.1.3 - Seleção das bacias hidrográficas para análise do padrão de drenagem

Na Tabela 8 são apresentados os dados utilizados para a seleção das bacias hidrográficas, bem como os resultados obtidos através da análise dimensional.

4.2 - Características das Amostras Circulares

As características dimensionais determinadas em amostras circulares são mostradas na Tabela 9.

4.3 - Composição das Redes de Drenagem

A Tabela 10 apresenta os dados relativos à composição das redes de drenagem das bacias hidrográficas estudadas.

4.4 - Análise do Padrão de Drenagem

O padrão de drenagem, analisado qualitativa e quantitativamente, para as três unidades de solo em estudo, apresentou os resultados descritos em seguida.

4.4.1 - Características descritivas das redes de drenagem

Na Tabela 11 são apresentados os dados observados na análise qualitativa das redes de drenagem.

4.4.2 - Características quantitativas das redes de drenagem

4.4.2.1 - Bacias hidrográficas

As características quantitativas das redes de drenagem determinadas em bacias hidrográficas são mostradas na Tabela 12. Tais características são representadas pelos Índices Densidade de Drenagem (Dd), Frequência de Rios (F), Razão de Textura (T) e Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial (Lm), com as respectivas médias e estimativas por intervalo. Na mesma tabela aparece ainda a Classe de Textura Topográfica para cada unidade de solo estudada.

4.4.2.2 - Amostras circulares

Os índices descritos para bacias hidrográficas foram também determinados para amostras circulares e aparecem na Tabela 13.

4.4.3 - Análise estatística

4.4.3.1 - Teste de Kruskal-Wallis

Nas Tabelas 14 e 15 são apresentados, resumidamente, os resultados obtidos pela aplicação do teste de Kruskal-Wallis aos índices de drenagem em bacias hidrográficas e amostras circulares, respectivamente. Nessas mesmas tabelas, aparecem os resultados das comparações múltiplas para as três unidades de solo em estudo.

4.4.3.2 - Teste de correlação de Kendall

Os resultados obtidos pela aplicação do Teste de Correlação de Kendall, envolvendo todos os índices de drenagem, são apresentados nas Tabelas 16 e 17, para bacias hidrográficas e amostras circulares, respectivamente.

4.4.3.3 - Comparação entre sistemas de amostragem

A Tabela 18 apresenta os dados de variação das médias dos índices medidos em bacias hidrográficas e amostras circulares, visando definir qual dos processos de amostragem apresentou resultados mais consistentes, nas condições específicas deste trabalho.

Tabela 6 - Características não dimensionais das bacias hidrográficas estudadas, com as respectivas unidades de solo que representam.*

UNIDADE DE SOLO	BACIA HIDROGRÁFICA	FORMA APROXIMADA	SIMETRIA DAS VERTENTES
LE - orto	LE-1	Trapezoidal	Assimétrica
	LE-2	Oval	Pouco simétrica
	LE-3	Trapezoidal	Simétrica
	LE-4	Trapezoidal	Simétrica
	LE-5	Trapezoidal	Simétrica
LR - eutrófico	LR-1	Periforme	Simétrica
	LR-2	Trapezoidal	Simétrica
	LR-3	Trapezoidal	Pouco simétrica
	LR-4	Trapezoidal	Simétrica
	LR-5	Trapezoidal	Simétrica
PV - Laras	Ls-1	Triangular	Simétrica
	Ls-2	Semi-circular	Pouco simétrica
	Ls-3	Trapezoidal	Pouco simétrica
	Ls-4	Trapezoidal	Simétrica
	Ls-5	Periforme	Pouco simétrica

* Todas as bacias são de 3a. ordem de ramificação.

Tabela 7 - Características dimensionais das bacias hidrográficas estudadas.

BACIA HI- DROGRÁFICA	MAIOR COMPRI- MENTO (C) km	MAIOR LAR- GURA (L) km	COMPRIMENTO DE RIOS (km)		PERÍMETRO (P) km	ÁREA (A) km
			Principal (CP)	Rede (CR)		
LE-1	2,17	1,92	2,90	4,50	6,15	2,48
LE-2	2,80	1,60	3,00	6,65	7,03	2,88
LE-3	2,85	1,75	2,80	5,58	7,65	3,09
LE-4	3,27	2,07	3,75	8,63	9,01	4,65
LE-5	3,05	1,82	3,35	8,67	8,23	4,09
LR-1	4,78	3,38	4,13	13,85	12,60	10,54
LR-2	2,43	1,65	2,38	6,23	6,82	2,92
LR-3	3,25	2,08	2,44	7,85	8,88	4,77
LR-4	2,15	3,28	1,85	9,34	8,38	4,16
LR-5	3,53	3,23	4,25	10,82	10,19	6,15
Ls-1	2,12	1,12	2,35	9,23	5,28	1,49
Ls-2	1,82	1,12	1,70	6,07	5,00	1,39
Ls-3	2,50	1,40	2,70	12,93	6,35	2,25
Ls-4	1,75	0,92	1,80	6,20	4,56	1,18
Ls-5	1,67	1,15	1,65	6,56	4,63	1,13

Tabela 8 - Análise dimensional e teste de semelhança geométrica aplicados às bacias hidrográficas selecionadas.

BACIAS HIDROGRÁFICAS COMPARADAS	RAZÃO DE ESCALA LINEAR (R)						RAZÃO DE ESCALA QUADRÁTICA (Rq)		RAZÃO DE EQUIVA- LÊNCIA (Re)
	c/c'	λ/λ'	p/p'	cp/cp'	cr/cr'	Razao Média (Rm)		$(Rm)^2$	
						A/A'	A/A'		
LE-2/LE-1	1,29	0,83	1,14	1,03	1,48	1,15	1,32	1,16	1,14
LE-3/LE-1	1,31	0,91	1,24	0,97	1,24	1,13	1,29	1,25	1,03
LE-4/LE-1	1,51	1,08	1,47	1,29	1,92	1,45	2,11	1,88	1,12
LE-5/LE-1	1,41	0,95	1,34	1,16	1,93	1,36	1,84	1,65	1,12
LE-3/LE-2	1,02	1,09	1,09	0,93	0,84	0,99	0,99	1,07	0,93
LE-4/LE-2	1,17	1,29	1,28	1,25	1,30	1,26	1,58	1,61	0,98
LE-5/LE-2	1,09	1,14	1,17	1,12	1,30	1,16	1,35	1,42	0,95
LE-4/LE-3	1,15	1,18	1,18	1,34	1,55	1,28	1,64	1,50	1,09
LE-5/LE-3	1,07	1,04	1,08	1,20	1,55	1,19	1,42	1,32	1,08
LE-4/LE-5	1,07	1,14	1,09	1,12	1,00	1,08	1,17	1,14	1,03
LR-1/LR-2	1,97	2,05	1,85	1,74	2,22	1,97	3,88	3,61	1,07
LR-1/LR-3	1,47	1,63	1,42	1,69	1,76	1,59	2,53	2,21	1,14
LR-1/LR-4	2,22	1,03	1,50	2,23	1,48	1,69	2,86	2,53	1,13
LR-1/LR-5	1,35	1,03	1,24	0,97	1,28	1,17	1,38	1,71	0,81
LR-3/LR-2	1,34	1,26	1,30	1,03	1,26	1,24	1,54	1,63	0,94

Tabela 8 - continuação

BACIAS HIDROGRÁFICAS COMPARADAS	RAZÃO DE ESCALA LINEAR (R)					RAZÃO DE ESCALA QUADRÁTICA (Rq)		RAZÃO DE EQUIVA- LÊNCIA (Re)	
	c/c'	l/l'	p/p'	cp/cp'	cr/cr'	Razao Média (Rm)	(Rm) ²		A/A'
							(Rm) ²		A/A'
LR-4/LR-2	0,88	1,99	1,23	0,78	1,50	1,28	1,64	1,42	1,15
LR-5/LR-2	1,45	1,96	1,49	1,79	1,74	1,69	2,86	2,11	1,36
LR-3/LR-4	1,51	0,63	1,06	1,32	0,84	1,07	1,14	1,15	0,99
LR-5/LR-3	1,09	1,55	1,15	1,74	1,38	1,38	1,90	1,29	1,47
LR-5/LR-4	1,64	0,98	1,22	2,30	1,16	1,46	2,13	1,48	1,44
Ls-1/Ls-2	1,16	1,00	1,06	1,38	1,52	1,22	1,49	1,07	1,39
Ls-3/Ls-1	1,18	1,25	1,20	1,15	1,40	1,24	1,54	1,51	1,02
Ls-1/Ls-4	1,21	1,22	1,16	1,31	1,49	1,28	1,64	1,26	1,30
Ls-1/Ls-5	1,27	0,97	1,14	1,42	1,41	1,24	1,54	1,32	1,17
Ls-2/Ls-3	1,37	1,25	1,27	1,59	2,13	1,52	2,31	1,62	1,43
Ls-2/Ls-4	1,04	1,22	1,10	0,94	0,98	1,06	1,12	1,18	0,95
Ls-2/Ls-5	1,09	0,97	1,08	1,03	0,93	1,02	1,04	1,23	0,85
Ls-3/Ls-4	1,43	1,52	1,39	1,50	2,09	1,59	2,53	1,91	1,32
Ls-3/Ls-5	1,48	1,22	1,37	1,64	1,97	1,54	2,37	1,99	1,19
Ls-4/Ls-5	1,05	0,80	0,98	1,09	0,95	0,97	0,94	1,04	0,90

Tabela 9 - Características dimensionais das amostras circulares. Área padronizada a 10 km^2 para as três unidades de solo. Perímetro = 11,18 km.

AMOSTRA CIRCULAR	NÚMERO DE RIOS (Nr)	COMPRIMENTO DA REDE km
CE-1	22	18,02
CE-2	19	16,59
CE-3	22	12,20
CE-4	21	16,03
CE-5	22	15,81
CE-6	18	16,06
CR-1	23	15,85
CR-2	19	17,28
CR-3	19	15,44
CR-4	21	15,38
Cls-1	125	45,38
Cls-2	113	41,63
Cls-3	108	40,02
Cls-4	118	44,81

Tabela 10 - Composição das redes de drenagem das bacias hidrográficas estudadas.*

UNIDADE DE MAPEAMENTO	BACIA HIDROGRÁFICA	COMPRIMENTO TOTAL DA REDE DE DRENAGEM (Lt) km	NÚMERO DE RIOS DE 1. ^a ORDEM (Nw1)	NÚMERO TOTAL DE SEGMENTOS DE RIOS (N)
	LE-1	4,50	6	9
	LE-2	6,65	9	12
LE - orto	LE-3	5,58	8	11
	LE-4	8,63	11	15
	LE-5	8,67	18	25
	LR-1	13,85	17	22
	LR-2	6,23	8	11
LR - eutrófico	LE-3	7,85	9	13
	LE-4	9,34	13	18
	LR-5	10,82	15	18
	Ls-1	9,23	22	29
	Ls-2	6,07	19	24
PVA - Laras	Ls-3	12,93	33	40
	Ls-4	6,20	23	29
	Ls-5	6,56	25	30

* Todas as bacias são de 3a. ordem de ramificação.

Tabela 11 - Características descritivas do padrão de drenagem das unidades de solo estudadas.

CARACTERÍSTICAS	LATOSSOL VERMELHO ESCURO Orto	LATOSSOL ROXO Eutrófico	PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO var. Laras
Grau de integração	Médio	Baixo	Alto
Densidade	Média/Baixa	Baixa	Alta
Grau de uniformidade	Pouco uniforme	Não uniforme	Uniforme
Orientação	Orientado	Pouco orientado	Não orientado
Grau de controle	Médio	Ausente	Alto
Ângulos de junção	Agudos, localmente retos	Predominantemente retos	Agudos
Angularidade	Baixa	Ausente	Moderada
Tipo ou modelo	Arborescente modificado	Paralelo ou sub-paralelo	Arborescente
Anomalias	Variações locais no grau de controle e angularidade	Variações locais na densidade e orientação	Variações locais na densidade, grau de controle e ângulos de junção

Tabela 12 - Características quantitativas do padrão de drenagem nas bacias hidrográficas estudadas.

		BACIAS HIDROGRÁFICAS														
CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS		Latossol Vermelho Escuro orto		Latossol Roxo eutrófico		Podzólico V.-Amarelo - Laras										
		LE-1	LE-2	LE-3	LE-4	LE-5	LR-1	LR-2	LR-3	LR-4	LR-5	LS-1	LS-2	LS-3	LS-4	LS-5
Densidade de Drenagem		1,81	2,31	1,81	1,86	2,12	1,31	2,13	1,65	2,25	1,76	6,19	4,37	5,75	5,25	5,81
Médias		1,982 ± 0,100		1,820 ± 0,169				5,474 ± 0,314								
Frequência de Rios		2,42	3,13	2,59	2,37	4,40	1,61	2,74	1,89	3,13	2,44	14,77	13,67	14,67	19,49	22,12
Médias		2,982 ± 0,379		2,362 ± 0,276				16,944 ± 1,642								
Razão de Textura		0,98	1,28	1,05	1,22	2,19	1,35	1,17	1,01	1,55	1,47	4,17	3,80	5,20	5,04	5,40
Médias		1,344 ± 0,218		1,310 ± 0,099				4,722 ± 0,312								
Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial		0,50	0,55	0,51	0,58	0,35	0,63	0,57	0,61	0,52	0,60	0,32	0,25	0,32	0,22	0,23
Médias		0,498 ± 0,034		0,586 ± 0,019				0,268 ± 0,022								
Razão de Textura Média		1,396		1,330				4,737								
Classe de Textura Topográfica		Grosseira		Grosseira				Média								

Tabela 13 - Características quantitativas do padrão de drenagem em amostras circulares.

CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS	A M O S T R A S C I R C U L A R E S													
	Latossol Vermelho Escuro Orto				Latossol Roxo eutrófico Podzólico V.Am. - Laras									
	CE-1	CE-2	CE-3	CE-4	CE-4	CE-6	CR-1	CR-2	CR-3	CR-4	Cl-1	Cl-2	Cl-3	Cl-4
Densidade de Drenagem	1,80	1,66	1,22	1,60	1,58	1,61	1,59	1,73	1,54	1,54	4,54	4,16	4,00	4,48
Médias	1,578 ± 0,079				1,600 ± 0,045								4,295 ± 0,129	
Frequência de Rios	2,20	1,90	2,20	2,10	2,20	1,80	2,30	1,90	1,90	2,10	12,50	11,30	10,80	11,80
Médias	2,067 ± 0,072				2,050 ± 0,096								11,60 ± 0,363	
Razão de Textura	1,97	1,70	1,97	1,88	1,97	1,61	2,06	1,70	1,70	1,88	11,18	10,11	9,66	10,55
Médias	1,850 ± 0,064				1,835 ± 0,086								10,375 ± 0,324	
Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial	0,82	0,87	0,55	0,76	0,72	0,89	0,69	0,91	0,81	0,73	0,36	0,37	0,37	0,38
Médias	0,768 ± 0,051				0,785 ± 0,049								0,370 ± 0,004	
Razão de Textura Média	1,850				1,840								10,380	
Classe de Textura Topográfica	Grosseira				Grosseira								Fina	

Tabela 14 - Resultados do teste de Kruskal-Wallis e das comparações múltiplas aplicados às bacias hidrográficas das unidades de solo em estudo.

CARACTERÍSTICAS	Kruskal-Wallis			Comparações Múltiplas		INTERPRETAÇÃO
	H	α (*)	Confronto	$ R_i - R_j $	α (*)	
Densidade de Drenagem	9,800	<0,001	S_1 vs S_2	9	-	S_1 não difere de S_2
			S_1 vs S_3	33	<0,048	$S_1 \neq S_3$ a um nível < 4,8%
			S_2 vs S_3	42	<0,009	$S_2 \neq S_3$ a um nível < 0,9%
Frequência de Rios	9,714	<0,001	S_1 vs S_2	8	-	S_1 não difere de S_2
			S_1 vs S_3	33,5	<0,048	$S_1 \neq S_3$ a um nível < 4,8%
			S_2 vs S_3	41,5	<0,009	$S_2 \neq S_3$ a um nível < 0,9%
Razão de Textura	9,500	=0,002	S_1 vs S_2	5	-	S_1 não difere de S_2
			S_1 vs S_3	40	<0,009	$S_1 \neq S_3$ a um nível < 0,9%
			S_2 vs S_3	35	=0,031	$S_2 \neq S_3$ a um nível = 3,1%
Comprimento Médio de Canais de Drenagem Superficial	11,2024	<0,001	S_1 vs S_2	9	-	S_1 não difere de S_2
			S_1 vs S_3	38	=0,031	$S_1 \neq S_3$ a um nível < 3,1%
			S_2 vs S_3	47	0,009	$S_2 \neq S_3$ a um nível < 0,9%

S_1 = Latossol Vermelho Escuro orto

S_2 = Latossol Roxo eutrófico

S_3 = Podzólico Vermelho Amarelo - Var. Laras

(*) Limite máximo de significância = 5%.

Tabela 15 - Resultados do teste de Kruskal-Wallis e das comparações múltiplas aplicadas às amostras representativas das unidades de solo em estudo.

CARACTERÍSTICAS	Kruskal-Wallis				Comparações Múltiplas				INTERPRETAÇÃO
	H	α (*)	Confronto	$ \bar{R}_i - \bar{R}_j $	d.m.s.	α (*)			
Densidade de Drenagem	8,097	=0,009	S_1 vs S_2	1,25	6,428	-	S_1 não difere de S_2		
			S_1 vs S_3	6,50	6,428	<0,050	$S_1 \neq S_3$ a um nível < 5%		
			S_2 vs S_3	7,75	7,042	<0,050	$S_2 \neq S_3$ a um nível < 5%		
Frequência de Rios	8,034	=0,009	S_1 vs S_2	0,20	6,428	-	S_1 não difere de S_2		
			S_1 vs S_3	6,92	6,428	<0,050	$S_1 \neq S_3$ a um nível < 5%		
			S_2 vs S_3	7,12	7,042	<0,050	$S_2 \neq S_3$ a um nível < 5%		
Razão de Textura	8,034	=0,009	S_1 vs S_2	0,20	6,428	-	S_1 não difere de S_2		
			S_1 vs S_3	6,92	6,428	<0,050	$S_1 \neq S_3$ a um nível < 5%		
			S_2 vs S_3	7,12	7,042	<0,050	$S_2 \neq S_3$ a um nível < 5%		
Comprimento Médio de Canais de Drenagem Superficial	7,883	<0,010	S_1 vs S_2	0	-	-	S_1 não difere de S_2		
			S_1 vs S_3	7,00	6,972	<0,025	$S_1 \neq S_3$ a um nível < 2,5%		
			S_2 vs S_3	7,00	7,041	<0,050	$S_2 \neq S_3$ a um nível < 5%		

S_1 = Latossol Vermelho Escuro orto.

S_2 = Latossol Roxo eutrófico.

S_3 = Podzólico Vermelho-Amarelo var. Laras.

(*) Limite máximo de significância = 5%.

Tabela 16 - Resultados do teste de Kendall aplicado às bacias hidrográficas, correlacionando os índices: 1) Densidade de Drenagem; 2) Frequência de Rios; 3) Razão de Textura; e 4) Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial.

CARACTERÍSTICAS CORRELACIONADAS	K	α (*)	\hat{r}	$\hat{r} \pm d$	INTERPRETAÇÃO
1 vs 2	93	<0,002	0,771	0,771 \pm 0,083	Existe correlação direta a um nível < 0,2%
1 vs 3	84	<0,003	0,600	0,600 \pm 0,174	Existe correlação direta a um nível < 0,3%
1 vs 4	17	<0,001	-0,676	-0,676 \pm 0,143	Existe correlação inversa a um nível < 0,1%
2 vs 3	89	<0,001	0,695	0,695 \pm 0,191	Existe correlação direta a um nível < 0,1%
2 vs 4	12	<0,001	-0,790	-0,790 \pm 0,154	Existe correlação inversa a um nível < 0,1%
3 vs 4	26	=0,004	-0,505	-0,505 \pm 0,294	Existe correlação inversa a um nível < 0,4%

(*) Limite máximo de significância = 5%.

Tabela 17 - Resultados do teste de Kendall aplicado às amostras circulares, correlacionando os índices: 1) Densidade de Drenagem; 2) Frequência de Rios; 3) Razão de Textura; e 4) Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial.

CARACTERÍSTICAS CORRELACIONADAS	K	α (*)	\bar{r}	$\bar{r} \pm d$	INTERPRETAÇÃO
1 vs 2	61	<0,050	0,341	0,341 \pm 0,432	Existe correlação direta a um nível < 5%
1 vs 3	61	<0,050	0,341	0,341 \pm 0,432	Existe correlação direta a um nível < 5%
1 vs 4	36	<0,165 ^{NS}	-0,209	-0,209 \pm 0,409	Não existe correlação ao nível < 16,5%
2 vs 3	84	<0,001	0,846	0,846 \pm 0,101	Existe correlação direta a um nível < 0,1%
2 vs 4	7	<0,001	-0,846	-0,846 \pm 0,053	Existe correlação inversa a um nível < 0,1%
3 vs 4	7	<0,001	-0,846	-0,846 \pm 0,053	Existe correlação inversa a um nível < 0,1%

(*) Limite máximo de significância = 5%.

Tabela 18 - Estimativa da amplitude das médias, comparando bacias hidrográficas e amostras circulares.

CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS	SISTEMA DE AMOSTRAGEM	VARIAÇÃO DAS MÉDIAS (%)			
		UNIDADES DE SOLO	Latossol Ver melho escuro orto	Latossol Roxo eutrófico	Podzólico Ver melho-Amarelo var. Laras
Densidade de Drenagem	Bacias hidrográficas	5,05	9,29	5,74	
	Amostras circulares	5,01	2,81	3,00	
Frequência de Rios	Bacias hidrográficas	12,71	11,69	9,69	
	Amostras circulares	3,48	4,68	3,13	
Razão de Textura	Bacias hidrográficas	16,22	7,56	6,61	
	Amostras circulares	3,46	4,69	3,12	
Comprimento Médio de Canais de Drenagem Superficial	Bacias hidrográficas	6,38	3,24	8,21	
	Amostras circulares	6,64	6,24	1,08	

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O estudo fotointerpretativo dos padrões de drenagem, visando o reconhecimento e a separação de solos com propriedades morfogenéticas diferentes entre si, foi conduzido, no presente trabalho, apoiado nas premissas estabelecidas por FROST (1960), de que a cada tipo de solo corresponde uma imagem fotográfica característica. A escolha preliminar da área de estudo foi feita segundo o método de pesquisa lógica de RABBEN (1960).

Para a interpretação das imagens fotográficas foi utilizado, principalmente, o método de análise dos elementos, desenvolvido por BURINGH (1960). Entretanto, em alguns pontos da área de interesse para esta pesquisa, o padrão de drenagem apresentou algumas modificações, dificultando sua explicação apenas através da convergência de evidências, princípio básico desse método, enunciado por

COLWELL (1952). Nesses casos foi utilizada uma combinação dos três métodos descritos por GOOSEN (1968), o que facilitou a confirmação de deduções que permaneciam duvidosas quando analisadas pelo método dos elementos.

Um exemplo disso foi a constatação da ocorrência de Latossol Vermelho Escuro em determinadas áreas, com relevo pouco mais movimentado, apresentando padrões de drenagem semelhantes aos de solos com horizonte argílico. Esse tipo de dificuldade foi citado por DUNBAR (1959). Nesses casos, especificamente, a análise da forma fisiográfica local e os aspectos de erosão acelerada, complementados pelo estudo de perfis representativos, foram de grande utilidade na distinção entre o Latossol Vermelho Escuro e o Solo Podzólico Vermelho-Amarelo.

5.1 - Características das Bacias Hidrográficas Analisadas

O estudo fotointerpretativo de redes de drenagem em bacias hidrográficas implica, em princípio, na verificação da influência da relação infiltração/deflúvio, indicadora da resistência dos materiais presentes, segundo LUEDER (1959), ou da capacidade de infiltração e da resistência do solo à erosão, segundo HORTON (1945).

No presente estudo, padronizando-se a ordem de ramificação de todas as bacias selecionadas, nem sempre foi possível manter um grau elevado de semelhança geométrica, conforme a recomendação de STRAHLER (1957). Por isso, foram utilizadas as bacias hidro-

gráficas cujas configurações mais se aproximassem entre si.

5.1.1 - Características não dimensionais

A observação das características não dimensionais das bacias hidrográficas estudadas permitiu verificar maior uniformidade quanto à forma geométrica e simetria das vertentes, consideradas conjuntamente, para o Latossol Roxo eutrófico, seguido pelo Latossol Vermelho Escuro orto e, em menor proporção, para o Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.

Esse fato, quando relacionados os referidos solos à fisiografia local das áreas que ocupam, permitiu atribuir essas variações, principalmente, à repetição das formas de relevo, frequente para o Latossol Roxo, ocasional para o Latossol Vermelho Escuro e quase ausente nas áreas de ocorrência do Solo Podzólico Vermelho-Amarelo.

5.1.2 - Características dimensionais

Os dados obtidos para as características dimensionais apresentaram interpenetração, indicando serem as bacias dimensionalmente semelhantes.

A área das bacias, entretanto, na comparação entre os solos a nível de grandes grupos e quando observadas conjuntamente, apresentaram valores mais elevados para os Latossóis e, entre estes,

uma tendência a serem ligeiramente maiores para o Latossol Roxo, devido provavelmente ao relevo, em geral mais plano nas áreas de ocorrência dessa unidade de mapeamento, em relação ao Latossol Vermelho Escuro.

5.1.3 - Análise dimensional

Os resultados obtidos através da análise dimensional das bacias hidrográficas selecionadas para estudo, conforme o método sugerido por STRAHLER (1952) e adotado por FRANÇA (1968), permitem observar a manutenção da proporcionalidade entre os termos da razão de escala quadrática.

Por esse método, devem ser escolhidas as bacias hidrográficas que apresentem menor afastamento entre os referidos termos, o que indica serem proporcionalmente equivalentes, de vez que os mesmos expressam medidas homólogas.

No presente trabalho, a introdução da "razão de equivalência", obtida pela comparação entre os termos da razão de escala quadrática, facilitou o processo de escolha, de vez que esse parâmetro fornece a variação relativa entre essas razões e não apenas o valor absoluto de sua diferença, como ocorreria pela subtração.

Observa-se que a razão de equivalência apresentou uma amplitude entre 0,81 e 1,47. Os valores externos a esse intervalo foram desprezados, considerando-se que, teoricamente, quanto mais a

razão de equivalência se aproximar da unidade, maior será a semelhança entre as bacias hidrográficas consideradas na análise.

5.2 - Características das Amostras Circulares

Ao contrário do que ocorreu em bacias hidrográficas, as amostras circulares não apresentaram nenhuma tendência de distinção entre os dois Latossóis estudados.

Esse fato parece estar condicionado à padronização da área das amostras, eliminando a diferença existente entre bacias hidrográficas que, em Latossol Roxo, apresentaram-se com superfícies sensivelmente maiores que as do Latossol Vermelho Escuro.

A comparação entre os Latossóis e o Solo Podzólico, entretanto, evidenciou diferenças marcantes, da ordem de aproximadamente 1 para 5, quanto ao número de rios; e de cerca de 1 para 2,5 no comprimento total da rede de drenagem abrangida pela amostra circular. Esses dados, nas condições específicas deste trabalho, permitem inferências quanto às características morfogenéticas das unidades de solo em estudo, o que não foi viável com os dados obtidos em bacias hidrográficas.

5.3 - Composição das Redes de Drenagem

De acordo com HORTON (1945), a composição da rede de drenagem possui alta significância hidrológica.

No presente estudo, os dados obtidos para o comprimento da rede de drenagem, analisados isoladamente, não forneceram indicação alguma quanto às diferenças entre solos, discordando, até certo ponto, daquele autor.

O número total e o número de rios de primeira ordem, quando analisados conjuntamente, em blocos de dados para os três tipos de solos, apresentaram tendência a aumentar, em proporção inversa ao valor absoluto da relação infiltração/deflúvio ou, sob outro aspecto, na razão direta da erodibilidade das unidades de solo, concordando com as observações de HORTON (1945) e de LUEDER (1959).

5.4 - Análise do Padrão de Drenagem

A análise descritiva do padrão de drenagem, conduzida de acordo com os elementos propostos por PARVIS (1950) e LUEDER (1959), mostrou-se útil por abordar alguns aspectos que a análise quantitativa proposta por HORTON (1945) e SMITH (1950) não considerava, ao menos expressamente.

5.4.1 - Características descritivas das redes de drenagem

A caracterização qualitativa das redes de drenagem, feita de acordo com o que foi estabelecido por LUEDER (1959), mostrou diferenças evidentes entre as três unidades de solo estudadas.

O "tipo ou modelo", sugerido por PARVIS (1950) e as "anomalias", sugeridas por MILLER e MILLER (1961) e introduzidas por RICCI e PETRI (1965), quando consideradas isoladamente, não forneceram nenhum indício seguro quanto às condições dos solos em estudo. Entretanto, quando relacionados às demais características, considerando-se também, as descrições morfológicas dos perfis, permitiram uma melhor interpretação do comportamento hidrológico dessas unidades de mapeamento.

A distinção entre unidades de solo através das características descritivas de suas redes de drenagem, mostrou valor limitado, de vez que as mesmas são estabelecidas por um critério comparativo, passível de interpretações subjetivas. Assim, os resultados obtidos confirmam as observações de HORTON (1945), STRAHLER (1957) e, nas condições brasileiras, de FRANÇA (1968) e vários outros pesquisadores.

5.4.2 - Características quantitativas das redes de drenagem

Os resultados obtidos na análise quantitativa das redes de drenagem, em bacias hidrográficas e amostras circulares, são discutidos nos sub-ítem que se seguem.

5.4.2.1 - Bacias hidrográficas

A análise das características quantitativas das redes de drenagem em bacias hidrográficas, resultou em valores significativamente mais elevados para o Solo Podzólico, quando comparados aos dos Latossóis, através da média aritmética dos índices considerados. Entre esses índices de drenagem, a frequência de rios foi o que apresentou maior afastamento entre os solos com horizonte B latossólico e os solos com horizonte B textural. Estes dados discordam da afirmação de NOGUEIRA (1979), que concluiu ser a densidade de drenagem o índice mais eficiente para a diferenciação entre solos. Além dessa característica, a razão de textura, a razão de textura média e a densidade de drenagem mostraram afastamentos sucessivamente menores, sendo o comprimento médio dos canais de drenagem o que apresentou menor intervalo entre as médias obtidas para os Latossóis e as do Solo Podzólico.

O comprimento médio de canais apresentou valores menores correspondendo a maiores densidades de drenagem, concordando com as afirmações de STRAHLER (1957) e de CHRISTOFOLETTI e CESAR

(1978). Esse índice apresentou valores significativamente diferentes para os Latossóis e os Solos Podzólicos, concordando com as observações de FRANÇA (1968). Para SILVA (1977), esse parâmetro não deve ser utilizado isoladamente para a distinção entre solos, enquanto que NOGUEIRA (1979) o considerou supérfluo, por expressar relação numérica entre outros índices mais eficientes.

Entre os Latossóis, verificou-se uma ligeira tendência do Latossol Vermelho Escuro para apresentar índices qualitativos com valores pouco maiores, apesar de não significativamente diferentes, que os do Latossol Roxo, ocorrendo a inversão dessa tendência para os comprimentos médios de canais de drenagem superficial.

Tal fato pode ser explicado pela predominância de maiores áreas nas bacias de drenagem do Latossol Roxo, com a manutenção, dentro de limites aproximados, do número de rios e do comprimento total da rede de drenagem. Esse aspecto foi abordado na discussão das características dimensionais de bacias hidrográficas, associado ao relevo regional e sugere pequenas alterações no comportamento hidrológico desses dois Latossóis, o que estaria de acordo com as variações nas características morfológicas observadas. As oscilações ocorridas em função de alteração da área, apesar de não significativas, tendem a confirmar as observações de ANDERSON (1957).

5.4.2.2 - Amostras circulares

As amostras circulares foram analisados de acordo com o que foi proposto por RAY e FISCHER (1960), acrescidas dos índices frequência de rios, razão de textura, razão de textura média e classe de textura topográfica, conforme SOUZA (1975), assim como o comprimento médio dos canais de drenagem, utilizado pela primeira vez em amostras circulares por KOFFLER (1976a).

Cada amostra circular, representando uma área de 10 km², segue o procedimento sugerido por RAY e FISCHER (1960) e adotado em vários trabalhos, entre eles os de FRANÇA (1968), POLITANO (1980) e ANGULO FILHO (1981). A uniformização da área foi decidida em função da tentativa de se comparar sistemas de amostragem, diferindo do procedimento sugerido por SOUZA (1975), KOFFLER (1976b), FREIRE (1977) e GARCIA e ESPÍNDOLA (1980).

De maneira semelhante ao que ocorreu nas bacias hidrográficas analisadas, as características quantitativas das redes de drenagem determinadas em amostras circulares apresentaram um afastamento entre os valores obtidos para os Latossóis e para o Solo Podzólico. Para este sistema de amostragem, os índices que apresentaram maiores diferenças entre os referidos solos foram, em ordem decrescente: razão de textura e razão de textura média; frequência de rios; densidade de drenagem e, finalmente, comprimento médio dos canais de drenagem superficial.

Relacionando-se os resultados obtidos em amostras circulares com os de bacias hidrográficas, observou-se uma diminuição da amplitude total das médias para a densidade de drenagem e frequência de rios, enquanto que a razão de textura apresentou um afastamento dos limites extremos. Devido a isso, a classe de textura topográfica foi alterada de "média" para a classe "fina" para o Solo Podzólico Vermelho-Amarelo var. Laras, persistindo a classe "grosseira" para os Latossóis.

Na comparação entre o Latossol Vermelho Escuro orto e o Latossol Roxo eutrófico, os resultados médios obtidos para todas as características quantitativas em amostras circulares, situaram-se mais próximos entre si do que aqueles determinados em bacias hidrográficas. O fato citado pode ser atribuído à eliminação da influência de variação da área, obtida com amostras circulares padronizadas a 10 km^2 .

5.4.3 - Análise estatística

5.4.3.1 - Teste de Kruskal-Wallis

As características quantitativas das bacias hidrográficas em estudo, submetidas ao teste de Kruskal-Wallis e às comparações múltiplas, confirmaram a significância das diferenças verificadas entre os índices de drenagem dos solos com horizonte óxico e os

dos solos com horizonte argílico. Os testes não-paramétricos foram aplicados segundo recomendação e procedimentos de CAMPOS (1979).

A taxa de erro experimental (α), determinada pelas comparações múltiplas, apresentou menor valor para todas as características, exceto para a razão de textura, no confronto entre o Solo Podzólico Vermelho-Amarelo e o Latossol Roxo, aumentando no confronto entre o primeiro e o Latossol Vermelho Escuro. Esse fato sugere que, para a densidade de drenagem, frequência de rios e comprimento médio de canais, o Latossol Vermelho Escuro apresentou valores intermediários aos dos outros dois solos pesquisados, ficando mais próximo do Latossol Roxo; porém, há uma inversão nessa tendência para a razão de textura. Esse fato pode ser explicado, considerando-se que para um aumento da área, corresponde um acréscimo proporcionalmente menor no perímetro das bacias hidrográficas. Como será discutido em seguida, essa tendência foi eliminada pelo sistema de amostragem circular.

O teste de Kruskal-Wallis e as comparações múltiplas, aplicados às características quantitativas determinadas em amostras circulares, apresentaram limites de significância semelhantes para os confrontos entre as três unidades de solo estudadas, comprovando a influência da variação de área das bacias hidrográficas nos valores numéricos dos índices de drenagem, concordando com as observações de ANDERSON (1957). No presente caso, com a padronização da área pelo sistema de amostragem circular, não ocorreram variações en

tre os Latossóis, persistindo, contudo, a separabilidade entre eles e o Solo Podzólico.

Para o comprimento médio dos canais de drenagem, o teste de Kruskal-Wallis apresentou uma pequena diferença no limite máximo de significância, devido ao seccionamento de um grande número de canais que, em bacias hidrográficas, manteriam seu comprimento integral.

5.4.3.2 - Teste de correlação de Kendall

O teste de correlação de Kendall apresentou resultados positivos para as características densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura, combinadas duas a duas; e negativos para a comparação entre esses índices e o comprimento médio de canais de drenagem superficial.

Em amostras circulares, a elevada taxa de erro experimental ($\alpha = 16,5\%$), resultante da correlação entre densidade de drenagem e comprimento médio dos canais, é devida ao seccionamento destes últimos, o que fora anteriormente verificado pelo teste de Kruskal-Wallis. Essa alteração indica que, pelo seccionamento de canais de drenagem, foi diminuída a correlação natural entre estes e os demais índices de drenagem.

As maiores taxas de correlação foram obtidas para a frequência de rios e razão de textura determinadas em amostras cir

culares, o que indica serem estes dois Índices equivalentes, nas condições do presente trabalho e para esse sistema de amostragem.

Com referência aos fatores condicionadores das variações nos Índices de drenagem, significando comportamentos hidrológicos diferentes para os solos estudados, a interpretação das imagens, as observações de campo e as características morfológicas forneceram os seguintes indícios:

- para o Solo Podzólico Vermelho-Amarelo, a presença de um gradiente textural acentuado entre os horizontes A e B, a maior proximidade do substrato rochoso e as características do relevo local, com declividades geralmente acentuadas, proporcionaram um aumento do escoamento superficial das águas e, conseqüentemente, menor infiltração, resultando em redes de drenagem mais densas;
- a pequena diferença verificada entre o Latossol Roxo, com Índices de drenagem pouco menores que os do Latossol Vermelho Escuro, aparentemente foi condicionada pela predominância de micro-agregados no primeiro, refletindo-se em elevada porosidade de drenagem, combinada às condições de relevo, geralmente plano a suavemente ondulado e à maior profundidade do substrato rochoso. A interação desses fatores favorece a infiltração e percolação da água, resultando em redes de drenagem esparsas;

- no Latossol Vermelho Escuro, a menor proporção de porosidade de drenagem, as condições de relevo, suavemente ondulado a ondulado e a natureza e profundidade do substrato rochoso, aparentemente levaram a um maior equilíbrio, comparativamente ao Latossol Roxo, entre infiltração e deflúvio das águas superficiais, do que resultou um padrão de drenagem com características intermediárias às das outras duas unidades de solo estudadas, porém bem mais próximas das do Latossol Roxo.

Essas observações estão de acordo com a constatação de ESPÍNDOLA (1977), concernente à relação inversa existente entre grau de evolução ou maturidade dos solos e valores dos índices de drenagem. Também concordam com as observações de FRANÇA (1968), para quem as variações no padrão de drenagem foram devidas à natureza e profundidade do substrato rochoso, concordando ainda com DEMÉTRIO (1977) e ANGULO FILHO (1981). Por outro lado, discordam em parte de SILVA (1977), que atribuiu as modificações no padrão de drenagem ao relevo e, depois, ao grau de controle estrutural e litológico.

A observação dos tipos e graus de erosão hídrica acelerada, feita conjuntamente com as descrições morfológicas das unidades de solo, mostrou-se útil, dentro de certos limites, se consideradas juntamente com os fatores associados com relevo, cobertura vegetal, nível de manejo e outros, para prever a existência de gradientes texturais ou condições de drenagem interna deficiente. O con

fronto entre as observações de campo e as descrições morfológicas permitiu confirmar as conclusões de FREIRE e PESSOTTI (1974), a respeito da erodibilidade do solo em função da existência e profundidade de gradientes texturais, bem como as observações feitas por ANGILO FILHO (1981).

5.4.3.3 - Comparação entre sistemas de amostragem

Para a comparação dos sistemas de amostragem circular e de bacias hidrográficas, foram utilizados os erros-padrão das médias, determinados de acordo com PIMENTEL GOMES (1963). Todas as características quantitativas estudadas, com exceção do comprimento médio dos canais, apresentaram menor taxa de dispersão das médias no sistema de amostras circulares, o que indica maior constância para os resultados obtidos por esse tipo de amostragem.

Houve maior concentração dos dados de comprimento médio de canais em bacias hidrográficas do que em amostras circulares, para os Latossóis. O motivo dessa concentração foi, basicamente, o mesmo já citado em itens anteriores, ou seja, o seccionamento de grande número de segmentos de rios pela amostragem circular, alterando o comprimento de seu percurso superficial.

Ainda a respeito do comprimento médio de canais, verificou-se que, para o solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, ocorreu menor dispersão da média observada nas bacias hidro-

gráficas, em relação às amostras circulares. A explicação para esse fato está na predominância de menores comprimentos de canais e na maior frequência de rios dessa unidade de mapeamento, o que atenuou a influência do seccionamento de segmentos de rios.

Com relação à facilidade de utilização e à consistência dos resultados obtidos em amostras circulares, a discussão dos tópicos anteriores permite estabelecer relação entre os dados obtidos nesta pesquisa com as conclusões de outros estudos que se utilizaram desse tipo de amostragem, entre os quais podem ser citados os de FRANÇA (1968), SOUZA (1975), KOFFLER (1976a; 1976b), FREIRE (1977), NOGUEIRA (1979) e POLITANO (1980).

6. CONCLUSÕES

Considerando-se os objetivos deste trabalho, as condições específicas sob as quais foi conduzido e a metodologia utilizada, os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- a análise quantitativa dos padrões de drenagem mostrou-se eficiente para a diferenciação entre os solos morfogeneticamente distintos, porém não o foi para solos semelhantes sob esse aspecto;

- a interpretação das imagens aerofotográficas foi eficaz para o estudo e distinção dos padrões de drenagem desenvolvidos em áreas de ocorrência de Latossóis e de Solos Podzólicos;

- todas as características quantitativas analisadas forneceram subsídios para a distinção entre as unidades de solo com horizonte B latossólico e com horizonte B textural, a uma taxa significativa.

- as descrições morfológicas foram úteis para o reconhecimento das unidades de solo separadas por fotointerpretação;

- em bacias hidrográficas, a frequência de rios foi o índice mais eficiente para a diferenciação dos solos, seguida pela razão de textura, razão de textura média, densidade de drenagem e comprimento médio dos canais. Em amostras circulares, esses índices apresentaram grau de eficiência decrescente na seguinte ordem: razão de textura, razão de textura média, frequência de rios, densidade de drenagem e comprimento médio dos canais de drenagem superficial;

- as modificações no padrão de drenagem foram devidas à natureza e às propriedades dos solos estudados, às características e profundidade do substrato rochoso e às condições locais de relevo;

- o sistema de amostragem circular apresentou vantagens sob os aspectos de versatilidade e consistência dos resultados, quando comparado às bacias hidrográficas;

- a metodologia utilizada para a obtenção e análise dos índices de drenagem mostrou-se versátil e confiável;

- os testes não-paramétricos mostraram-se sensíveis e objetivos na determinação dos níveis de significância estatística;

- a introdução da "razão de equivalência" foi útil no processo de análise dimensional e seleção de bacias hidrográficas.

Sugestão Para Novas Pesquisas

Considerando-se a experiência adquirida na realização deste trabalho, sugere-se o prosseguimento dessa linha de pesquisa, visando o aperfeiçoamento dos métodos de amostragem, de medição e análise, na tentativa de determinar o menor nível de distinção entre solos que possa ser detectado através de fotointerpretação.

7. BIBLIOGRAFIA CITADA

ALMEIDA, F.F.M. de, 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: SÃO PAULO. Geologia do Estado de São Paulo, São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, p. 169-263. (Boletim nº 41).

ANDERSON, H.W., 1957. Relating Sediment Yield to Watershed Variables. Trans. Amer. Geophys. Un., Washington, 38: 921-924.

ANGULO FILHO, R., 1981. Variações de Características de Redes de Drenagem em Função das Fotografias Aéreas Verticais Obtidas em Épocas Diferentes. Piracicaba, ESALQ/USP, 128 p. (Dissertação de Mestrado).

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1971a. Carta do Brasil - Escala 1:50.000. Folha Topográfica de Tambaú.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1971b. Carta do Brasil - Escala 1:50.000. Folha Topográfica do Rio Tambaú.

- BURINGH, P., 1960. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic Interpretation. Washington, Cap. 11, p. 633-666.
- CAMPOS, H., 1979. Estatística Experimental Não-Paramétrica. 3^a ed. Departamento de Matemática e Estatística. Piracicaba, ESALQ/USP, 343 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. e A.L. CESAR, 1978. Correlação Entre Densidade de Drenagem e Comprimento Médio de Canais em Bacias Hidrográficas. Ciência e Cultura. São Paulo, 5: 601-604.
- COLWELL, R.N., 1952. Photographic interpretation for civil purposes. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photogrammetry. Washington, p. 535-602.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960a. Carta de Solos de Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. (folha única).
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960b. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. 634 p. (Boletim nº 12).
- DEMATTE, J.L.I., 1976. Curso de Gênese e Classificação de Solos. Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes. Piracicaba, ESALQ/USP. (Mimeografado).
- DEMÉTRIO, V.A., 1977. Variação de Características de Redes de Drenagem em Função da Escala das Fotografias Aéreas Verticais. Piracicaba, ESALQ/USP. 107 p. (Dissertação de Mestrado).

- DUNBAR, R.A., 1959. Problems of Interpretation in Tropical Regions. In: Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. New York, McGraw-Hill, p. 426-427.
- ESPÍNDOLA, C.R., 1977. Relações Entre os Solos e Elementos da Paisagem na Zona do Baixo Rio do Peixe (Região de Conchas-Anhembi, SP). Piracicaba, ESALQ/USP, 113 p. (Dissertação de Mestrado).
- FRANÇA, G.V., 1968. Interpretação Fotográfica de Bacias e de Redes de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 151 p. (Tese de Doutorado).
- FREIRE, J.C., 1977. Fotointerpretação de Redes de Drenagem de Três Solos da Região de Alpinópolis, Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 136 p. (Tese de Doutorado).
- FREIRE, O. e J.E.S. PESSOTTI, 1974. Erodibilidade dos Solos do Estado de São Paulo. Anais de E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 31: 333-350.
- FROST, R.E., 1960. Photointerpretation of Soil. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic Interpretation. Washington, Cap. 5, p. 343-402.
- GARCIA, G.J. e C.R. ESPÍNDOLA, 1980. Estudo sobre o tamanho da amostra circular na quantificação da rede de drenagem. Engenharia Agrícola. Botucatu, SP, 4: 5-11.
- GOOSEN, D., 1968. Interpretacion de Fotos Aereas y Su Importancia en Levantamiento de Suelos. Roma, Organizacion de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. 58 p. (Boletim sobre Suelos n. 6).

- HORTON, R.E., 1945. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hidrophysical Approach to Quantitative Morphology. Bul. Geol. Soc. Amer. 56: 275-370.
- KOFFLER, N.F., 1976a. Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados de arenito Bauru. São José dos Campos, INPE, 150 p. (Tese de Mestrado).
- KOFFLER, N.F., 1976b. Análise Aerofotográfica da Influência da Área de Amostragem Circular na Caracterização Quantitativa do Padrão de Drenagem. São José dos Campos, SP, INPE. 20 p.
- LUEDER, D.R., 1959. Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. New York, McGraw-Hill Book. 462 p.
- MILLER, V.C. e C.F. MILLER, 1961. Photogeology. New York, McGraw-Hill Ed., 248 p.
- NOGUEIRA, F. de P., 1979. Utilização de Fotografias Aéreas em Três Escalas no Estudo de Redes de Drenagem em Diferentes Unidades de Solo. Piracicaba, ESALQ/USP, 110 p. (Dissertação de Mestrado).
- PARVIS, M., 1950. Drainage Pattern Significance in Airphoto Identification of Soils and Bedrocks. Photogrammetry & Engineering, 16 (3): 387-408.
- PENTEADO, M.M., 1968. Geomorfologia do Setor Centro-Ocidental da Depressão Periférica Paulista. Rio Claro, Fac. de Ciências e Letras de Rio Claro, 151 p. (Tese de Doutorado).

- PIMENTEL GOMES, F., 1963. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba, ESALQ/USP. 384 p.
- POLITANO, W., 1980. Estudo Fotointerpretativo Sobre a Morfometria das Áreas de Dois Solos Podzólicos Vermelho-Amarelos. Piracicaba, ESALQ/USP. 169 p. (Tese de Doutorado).
- RABBEN, E.L., 1960. Fundamentals of Photo-Interpretation. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic Interpretation. Washington, Cap. 3, p. 99-186.
- RAY, R.G. e W.A. FISCHER, 1960. Quantitative Photography: A Geologic Research Tool. Photogrammetric Engineering, 26(1): 143-150.
- RICCI, M. e S. PETRI, 1965. Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. São Paulo, Ed. Nacional, 226 p.
- ROTTA, C.L., 1972. Noções Gerais de Geologia. In: MONIZ, A.C., Elementos de Pedologia. São Paulo, Editora da USP, p. 289-303.
- SÃO PAULO, Instituto Geográfico e Geológico, 1974. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000. Folha única.
- SÃO PAULO, Secretaria de Serviços e Obras Públicas (DAEE), 1972. Atlas Pluviométrico do Estado de São Paulo. p. 84.
- SÃO PAULO, Secretaria do Planejamento, 1980. Mapa do Zoneamento Regional Administrativo e Judiciário. Folha única.
- SETZER, J., 1966. Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo. São Paulo, Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. 61 p.

- SILVA, L.C.F., 1977. Fotointerpretação de Redes de Drenagem de Dois Solos do Município de São Pedro (SP). Piracicaba, ESALQ/USP. 114 p. (Dissertação de Mestrado).
- SMITH, K.G., 1950. Standards for Grading Texture of Erosional Topography. Amer. J. Sci. 248: 655-668.
- SOIL SURVEY STAFF, 1962. Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture, Washington, 503 p. (Handbook 18).
- SOUZA, M.L.P., 1975. Fotointerpretação de Redes de Drenagem de Três Solos com Horizonte B Latossólico Ocorrentes no Município de Ponta Grossa - PR. Piracicaba, ESALQ/USP. 135 p. (Dissertação de Mestrado).
- STRAHLER, A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude) Analysis of Erosional Topography. Bull. Geol. Soc. America, Colorado, 63: 1117-1142.
- STRAHLER, A.N., 1957. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Transactions American Geophysical Union. New Haven, 38: 913-920.